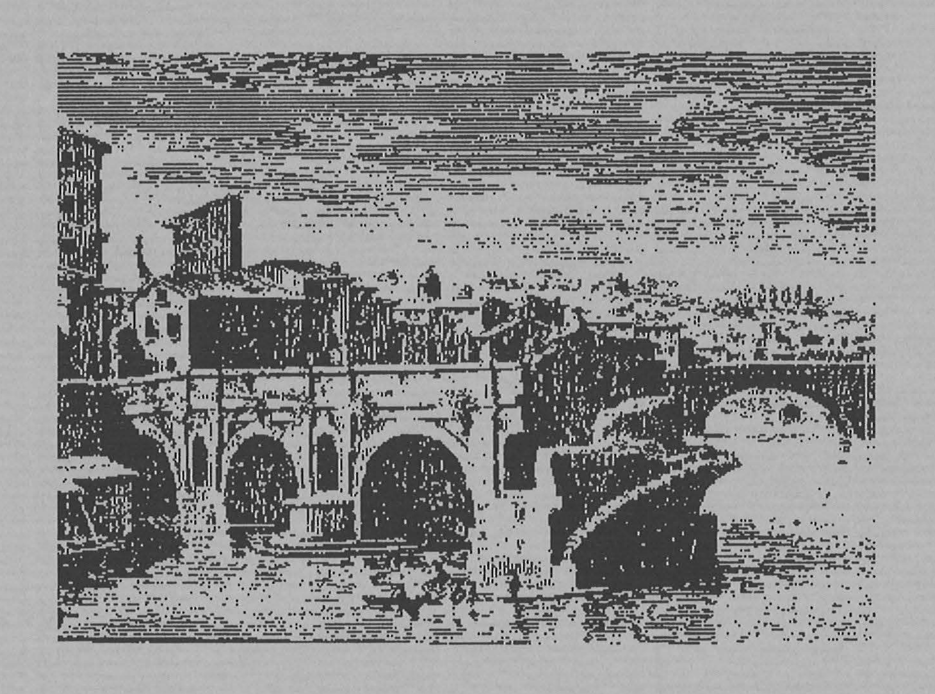
BEDEUTENDE BAUWERKE
UND IHRE MEISTER
*CONSTRUCCIONES EMBLEMÁTICAS*
*Y SUS AUTORES*

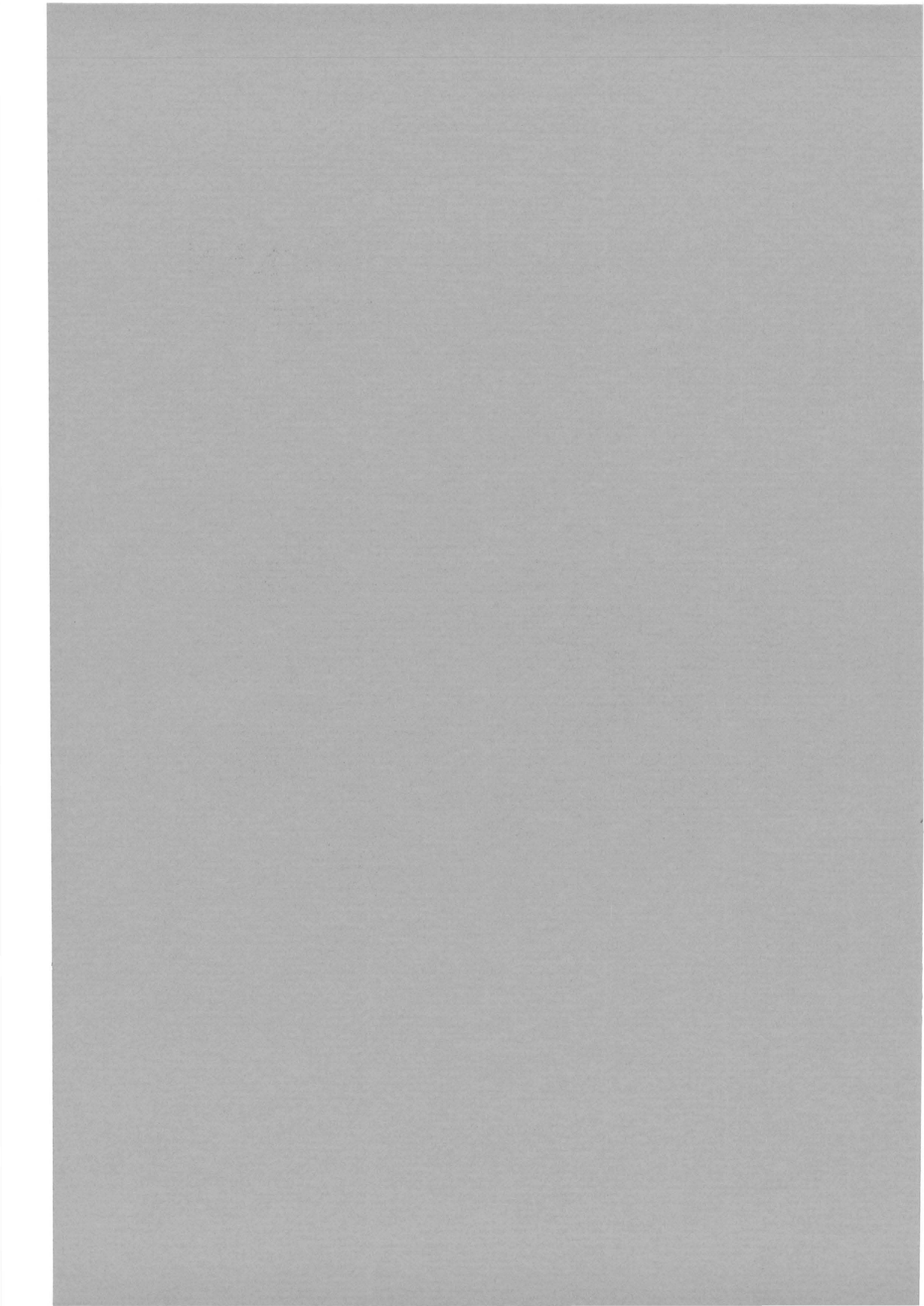
# MAUERWERKSBRÜCKEN
# *PUENTES DE FÁBRICA*
# (II)

*Koordination*
EVE BAUDER



**CUADERNOS**
**DEL INSTITUTO**
**JUAN DE HERRERA**
DE LA *ESCUELA DE*
*ARQUITECTURA*
*DE MADRID*

**4-56-05**



BEDEUTENDE BAUWERKE
UND IHRE MEISTER
*CONSTRUCCIONES EMBLEMÁTICAS*
*Y SUS AUTORES*

# MAUERWERKSBRÜCKEN
# *PUENTES DE FÁBRICA*
# (II)

*Koordination*
EVE BAUDER

**CUADERNOS**
**DEL INSTITUTO**
**JUAN DE HERRERA**
DE LA *ESCUELA DE*
*ARQUITECTURA*
*DE MADRID*

**4-56-05**

C U A D E R N O S
D E L  I N S T I T U T O
J U A N  D E  H E R R E R A

**NUMERACIÓN**

4 Área

56 Autor

05 Ordinal de cuaderno (del autor)

**ÁREAS**

0 VARIOS

1 ESTRUCTURAS

2 CONSTRUCCIÓN

3 FÍSICA Y MATEMÁTICAS

4 TEORÍA

5 GEOMETRÍA Y DIBUJO

6 PROYECTOS

7 URBANISMO

8 RESTAURACIÓN

***MAUERWERKSBRÜCKEN / PUENTES DE FÁBRICA (II)***

Instituto Juan de Herrera.
Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid.
Gestión y portada: Nadia Vasileva Nicheva
CUADERNO 187.01 / 4-56-05
ISBN: 84-9728-153-5
Depósito Legal: M-7276-2005

## Vorwort der Koordinatorin

Der Wunsch einer Gruppe von Architekturstudenten, die 2001 den höchsten aller an der Universität für Architektur angebotenen Deutschkurse mit Erfolg absolviert hatten und die ihre allgemeinen und fachspezifischen Deutschkenntnisse weiter vertiefen und ausbauen wollten, führte zur Entstehung der Reihe "Bedeutende Bauwerke und ihre Meister".

Die diesjährige – vierte – Gruppe von Studenten hat sich mit dem Thema "Mauerwerksbrücken" auseinandergesetzt: Jeder Einzelne wählte eine oder mehrere dieser faszinierenden ersten Bogenbrücken aus Mauerwerk und beschäftigte sich intensiv mit deren Entstehung, Bau und Werdegang und, soweit ermittelbar, ihrer Erbauer.

Das Ziel dieser ausführlichen Forschungsarbeit, die die Lektüre und das konzentrierte Studium vieler deutscher Bücher, Fachzeitschriften, Artikel und Referate – aus den Schätzen der Universitätsbibliothek, dem Internet und anderen Quellen stammend – voraussetzte, war die Erarbeitung einer Abhandlung auf Deutsch, die sowohl eine detaillierte Beschreibung des "Lebens und Wirkens" seiner gewählten Mauerwerksbrücke(n) und deren Baumeister als auch eine inhaltsbezogene Liste des relevanten allgemeinsprachlichen und technischen Vokabulars in zweisprachiger Ausführung (deutsch und spanisch) enthalten sollte.

Das Ergebnis der unzähligen Stunden unermüdlichen Fleißes und außergewöhnlicher Schaffenskraft dieser Gruppe liegt nun hier in Form von drei Heften aus dieser Reihe vor, deren Veröffentlichung uns Mitwirkende nicht nur mit Stolz und Freude erfüllt, sondern besonders das Bedürfnis und die Notwendigkeit zum Ausdruck bringen soll, "eine Brücke zu schlagen" zwischen Sprache und Technik, die die Wissensgebiete der einen mit denen der anderen verbindet, deren Austausch anregt und so das Tragwerk grenzüberschreitenden, multidisziplinären Schaffens symbolisiert.

Mögen diese drei Hefte dem Humanisten wie dem Techniker als praktisches Werkzeug dienen!

**Eve Bauder**

*Profesora de Alemán para Arquitectos*

*ETS de Arquitectura de Madrid*

**Vorwort der Projektgruppe**

Jeder Schritt, den man tut, wurde schon seinerseits im Altertum getan. Auf eine ganz besondere Weise befinden wir uns auf dem Weg ehemaliger Situationen und Rahmen, in dessen physischem und kulturellem Zusammenhang viele Wissenschaftler eine Spiegelung ihrer Gedanken und erneuernde Entwicklung fanden und finden.

Für unsere Zwecke war es besonders wichtig, erstens, Abstand von unserem beschränkten Blickwinkel zu nehmen, und zweitens, uns auf die ernsthafte Forschung unserer sozio-kulturellen Vergangenheit zu konzentrieren. Es muss zusätzlich gesagt werden, dass sich das Ziel der folgenden Artikel davon distanziert, nur als anspruchvolle Texte zu dienen.

Alle Teilnehmer dieses Projektes sind sich ihrer eigenen Fähigkeiten und Grenzen bewusst – sollte man sie als Einschränkung verstehen – was die Wahrnehmung und Reife betrifft. Troz allem wollen wir nicht zu streng mit uns selbst sein, denn, wie schon Nietzsche von der Angst einen Fehler zu begehen sagte, sie sei schlechter als der Fehler selbst. Um diese Arbeit zum erfolgreichen Schluss zu bringen, hielten wir uns an diese Wahrheit.

Im weitesten Sinne waren wir von der Idee begeistert, dass jeder von uns eine Schlüsselfunktion hatte, die er in bestimmten Situationen verwirklichte. Deshalb hoffen wir dieses strukturierte Ziel erreicht und es in jedem der einzelnen Texte ans Licht gebracht zu haben. Damit sind folgende Hauptpunkte gemeint: einerseits, die Annäherung an das tägliche Leben alltertümlicher Völker, der wir unsere heutige Kultur verdanken, und andererseits, die durch unseren intellektuellen Rahmen gesetzten Umstände und Ereignisse, um das kulturelle Erbe analysieren zu können. Unsere spezifische Ausbildung, Architektur und Deutsch zu verbinden, lässt uns die Geschichte auf eine besonders außergewöhnliche Weise lesen und einschätzen. In diesem Fall wurde damit die Möglichkeit eine höhere Ebene der Abstraktion zu berühren eingeschlossen, sodass wir uns vor diesem Hintergrund diesen Jahrhunderte überdauernden Mauerwerksbrücken gewidmet haben.

Wir nähern uns daher gleichzeitig uns selbst und der Vergangenheit, was ein temporales Paradox zu sein scheint, an. Die Mauerwerksbrücken, ihre Entwicklung und wichtigsten Beispiele bilden den Rahmen dafür, dass wir den Zeitgeist und die Sitten von damals begreifen und dadurch ein direkter Kontakt zu unserem Inneren entsteht.

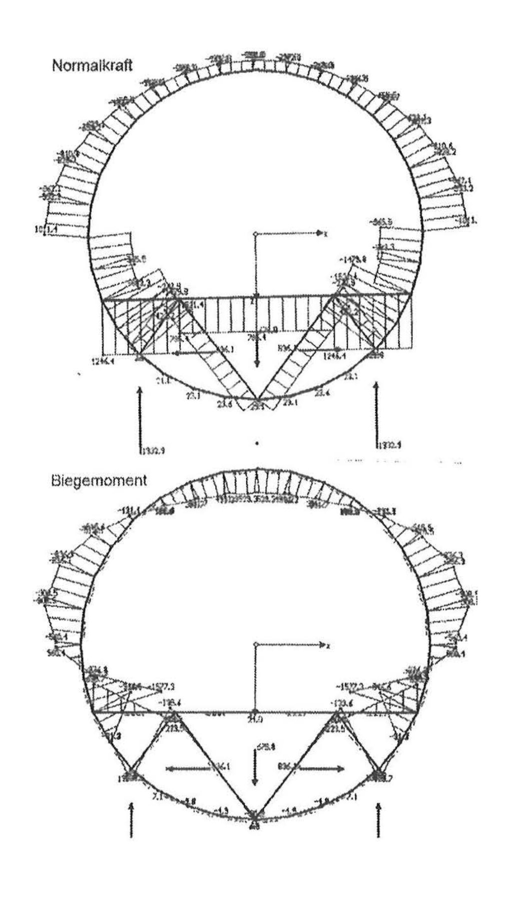
Schließlich versuchen wir in diesem Jahrhundert, wo unsere Architektur von High Tech überflutet wird, auf die ursprüngliche Bauweise (der römische Bogen, bzw. das römische Gewölbe) züruckzublicken, deren Schlichheit, Festigkeit und Dauerhaftigkeit sich durch den Zahn der Zeit nicht hat erschüttern lassen.

Hiermit wollen wir für die Erhaltung des Ursprungs unserer Achitektur plädieren, denn modern zu sein bedeutet nicht auf Wissen und Kultur des Altertums verzichten zu müssen.

**Miguel Crespo, Teresa del Pino**
**Diana Jusdado, Adolfo Nadal**

# BEDEUTENDE BAUWERKE UND IHRE MEISTER
# *CONSTRUCCIONES EMBLEMÁTICAS Y SUS AUTORES*

INHALTSVERZEICHNIS
*ÍNDICE*




## SYSTEME DER ALTEN KONSTRUKTION. VERGLEICH ZUM AKTUELLEN STRUKTURELLEN RAHMEN

---

Verfasser: Adolfo Nadal Serrano

# SYSTEME DER ALTEN BAUKONSTRUKTION. VERGLEICH ZUM AKTUELLEN STRUKTURELLEN RAHMEN

## 1. EINLEITUNG

Steinbögen haben diejenigen, und deren Gedanken der architektonischen Landschaft und persönlichen Koordinaten, die sich mit diesem Thema beschäftigt haben, immer stark geprägt. Und zwar nicht nur das, was ihre architektonische Seite betrifft, sondern auch im Bereich des normalen und alltäglichen Lebens. Dadurch wird die Aufmerksamkeit aller Bürger auf sie gelenkt.

Die hier veröffentlichte technische Beschreibung wird kaum eine ausführliche Einführung für die Wissenschaftler sein, die sich über den normalen technischen Rahmen des Tragwerkverhältnisses bestimmter Konstruktionsarten hinaus gewidmet haben. Es ist ebenfalls unsere Absicht, auf die Notwendigkeit einzugehen, die Bögen selbst nicht nur als eine Strukturtypologie zu berücksichtigen, sondern auch als einen der verschiedenen Wege zur Entwicklung der modernen und altertümlichen Gesellschaft. Durch die Menge an Steinbogengestaltsarten wie auch durch ihre Ähnlichkeit mit den Funktionen anderer Bauelemente, stehen die Steinbögen auf einer höheren Ebene in der Geschichte der Baukonstruktion. Diese Betrachtung ist so wichtig, dass die Gebäude und Brücken aus Stein außergewöhnlich viel stabil und jahrüberdauernder sind.

Auf der anderen Seite ist es nicht zu übersehen, dass solche schönen und großartigen Meisterwerke nur das Ergebnis einer baukonstruktiven Vertiefung in der technischen Erfahrung und dem verschlafenden geschichtlichen Gedächtnis zu sein scheinen. Je älter die Bauten sind, desto größer wird das Interesse an historischen und sogar technischen und humanistischen Fragen. Deswegen wird in den nächsten Seiten überlegt, wie man sich dem Thema annähern kann, ohne den Schwerpunkt - die Schönheit unseres kulturellen Erbes - aus den Augen zu verlieren.

## 2. GRUNDLAGEN UND WICHTIGE BEGRIFFE

Es könnte behauptet werden, dass es im Altertum über keinen fortgeschrittenen Begriff überlegt wurde. Konzepte wie Standsicherheit oder anderen Analysen waren damals unbekannt. Die aktuelle Bedeutung des Wortes ist nur innerhalb der im 18. Jh. neuen Erfindungen zu verstehen. Die Bauerfahrung war der Standspunkt aller Konstruktionen. Um diese Bauerfahrung besser einsehen zu können, könnte man auf die schriftlichen Arbeiten von Villard de Honnecurt eingehen, gezeichnete

Beschreibungen die uns über geometrischen Regeln und Bauteilverhältnisse informiert hat.

### 2.1 Steinbögen und Standsicherheit

Der Sturz der Pontypidd Brücke bildet ein wichtiges und bekanntes Beispiel des Themas. Im Jahr 1751 wurde die Brücke von **William Edwards** gebaut, obwohl sie an ihrem ersten Lebenstag, aufgrund eines großen Fehlers in der geplanten Gestaltung, zusammenfiel. Die Strukturform ist so notwendig, dass die ganze Beständigkeit von ihr abhängt.

Viele andere Arbeiten und Werke[1] setzen sich mit den im 18. Jh. realisierten auseinander und, entgegen der aktuellen Lage, versuchen sie zu demonstrieren, dass die Gestaltung wichtiger ist, als nur ein Begriff des Bauens.

Die Analyse verschiedener und im Grund unterschiedlicher Steinbrücken und ähnlicher Steinstrukturen hat gezeigt, dass die Drück bedeutend niedriger vor dem Bruch sind. Die Sicherheitskoeffizienten, die dadurch berechnet wurden, sind sehr hoch. Daher, genügt es zu sagen, um den Satz zu beweisen, dass eine aus Granit gebaute Säule, aufgrund der Festigkeit des Baustoffes zwei Kilometer hoch erreichen könnte.

#### 2.1.1 Geschichtliche Notizen über das Sicherheitskonzept eines Bögens.

Das klassische Problem des 18. Jahrhunderts war hauptsächlich, die so genannte "Drucklinie"[2] herausfinden zu können. Sollte man davon ausgehen, war das Problem nicht mehr unlösbar: war bereits die schon angeführte Linie bekannt, musste man nur den Druck über die Pfeiler berechnen. Es muss aber gesagt werden, dass die Trennung des Bogens in unterschieliche Teile eine logische Vereinfachung durch die Namen der Bauteile ist. Die überwältigende Mehrheit der im Altertum (und auch besonders in 19. und 20. Jahrhunderten) realisierten Prüfungen hatten sich darauf konzentriert, das wirkliche Verhältnis der Bauteile unter verschiedenen Belastungen zu beobachten. Eine sehr häufig Methode bestand darin, zwei Punkte der Drucklinie zu bestimmen, sodass der dritte sich sehr einfach entdecken ließ, durch ein Holzmodell, in dem jedes Gewölbestück bewegt werden konnte.

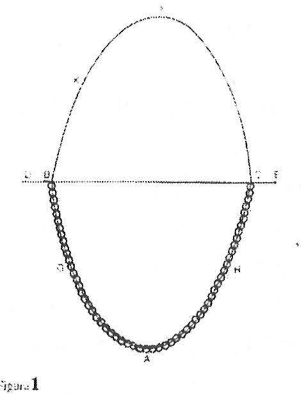
---

[1] Unter anderem, nachzulesen in der Essay-Reihe über Modelle von Steinbrücken von *Boistard*, 1810 von *Lesage* veroffentlicht. Die *Polenis* Proben von der Kuppel des St. Peters Doms im Vatikan sind auch auszuzeichnen.

[2] Die Linie die sich aus den folgenden Schritten ergibt: die Linien der Schwerpunkte dort anzuknüpfen, wo diese auf die Fuge der Gewölbesteine treffen.
Die Teile der Struktur müssen von dem Architekt bestimmt und entschieden werden.

Deswegen bewegte sich die Arbeit aller Interessierten in die Richtung, die vollständige Information von der Struktur zu kennen, am besten im letzten Moment vor dem Verfagen, der Brücke. Die Prüfungen hatten nie vor, die Zerstörung der Brücke zu fordern. So erfand **Couplet** den vernünftigsten und vollständigsten Begriff, sowie die Lösung dieses außerordentlichen Problemes, die Drucklinie zu bestimmen. Um beide analitische und geometrische Konzepte zu verbinden, nutzte Couplet die Möglichkeit, sie zu ergänzen: damit ist er fähig, die Grundlage aller herkommenden Lösungen zu begründen. Daher war Couplet näher zu dem Problem, die Struktur genau analisieren zu können. Trotz allem ist bis heute nicht klar wer der tatsächliche Autor dieses Konzept beweisses ist. Ausser Couplet beschäftigten sich mit diesem Problem auch **Lamé**, **Clapeyron** und **Coulomb**.

Auch **Polenis** schriftiche und gezeichnete Arbeiten sind erwähnenswert. Es wurde von ihm verlangt, einen Bericht von der Kuppel des St. Peters Doms zu schreiben. **Gregory**, der auch das Thema untersuchte, erreichte die Werksqualität der Arbeit von Poleni, dessen Entdeckung vorher stattfand (1697). Gregory behauptete, die parabolische Kette sei die einzige Form, wo die Steinbögen ihr eigenes Gewicht tragen kann. Dieses Prinzip bestimmte auch **Hook** (Bild 1 und 2), der seine Entdeckung vor den Augen anderer Wissentschaftler zu schützen. Da er die Kentisse nicht hatte, und um das Prinzip richtig analitisch formulieren zu können, beschrieb er den Mechanismus der Kette auf Lateinisch.



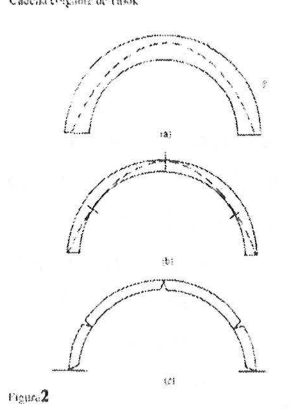


Bild 1 und 2: Die Hooks hangende Kette und Beständigkeit eines Bogens.

## 2.2 Grundlagen der Analyse von Steinbauten.

Es wird eine Möglichkeit geben, das versteckte Funktionieren des Steinbogenmechanismus einzusehen, wenn die in den nächsten Zeilen erklärte Struktureigenschaften in Erwägung gezogen werden. Damit kann auch die aktuelle Berechnungsmethode von Tragwerke begriffen werden.

Alle Ergebnisse wurden aus zahlreichen Analysen bekommen, als Folge eines bestimmten Verstand- und Betriebrahmens, was die Ansätze in diese Richtung innig beschränkte.

*a. Der Stein hat keine Festigkeit zur Zugkraft.* Obwohl dieser Ansatz wahrscheinlich übertrieben scheinen mag, wird die Berechnung dadurch nicht beeinträchtigt. Die Behauptung steht auf der Seite der Standsicherheit, denn die wirklichen Eigenschaften des Baustoffes können unterschätzt werden. Alte Fugen können trocken, mit weichem Mörtel oder sehr verfallenen Materialien gefüllt sein.

*b. Im allgemeinen kann Stein jede Kompressionsbelastung aushalten.* Diese Formulierung kann jedoch in Frage gestellt werden, da sich Baustoffe nicht für jeden Bau eignen. Trotzdem ist es kein Fehler diesem Lehrsatz zu folgen, denn er war das Ergebnis langer Forschung und allgemeiner Akzeptanz, worauf in diesm Text schon gewiesen wurde.

*c. Kein Sturz der ganzen (oder Teile) Struktur ist durch Rutsch möglich.* Es wird genug Reibung zwischen den Steinen vorausgesetzt. Jeder Gewölbestein ist so bearbeitet, dass dieser Fall ausgeschlossen werden kann. Es kann trotzdem bewiesen werden, dass für bestimmten Lasten an bestimmten Stellen, die Einsturztgefahr steigt. Diese Möglichkeit wurde selten dokumentiert worden, sodass man sie betrachten kann, als anormalen Strukturzustand bezeichnen kann.

Zum Schluss muss noch erwähnt werden, dass die Bedingung, eine Drucklinie in der Rundung des Bogens zu finden, alle vorher genannten Überlegungen erfüllt. Diese Bedingung gibt dir nötige Sicherheit, dass jede Belastung durch Kompression ausgehalten werden kann, obwohl das nur geschieht, falls die drei vorherige Lehrsätze ausgeführt sind. Im Grenzfall, wenn die Drucklinie sich an die Leibung annähert, wäre die Struktur einerseits in der Lage, extrem höhem Druck zu widerstehen, und andererseits, keine Kompression im Rücken haben.

### 2.2.1 Sicherheitslehrsatz.

Der Sicherheitslehrsatz legt fest, dass es genügt, eine Drucklinie innerhalb des Bogens zu finden, um die Stabilität eines Bogens zu demonstrieren. Die wirkliche Linie kann jedoch nicht bestimmt werden, weil diese Bauart "hyperstatisch" ist. Der einzige Weg, um diese Linie zu entdecken, wäre, Rahmenbedingungen zu schaffen, wie z.B. durch die Eingabe der verschiedenen Eigenschaften der Struktur und der Umgebung.

Von diesem Punkt ausgehend, kann das Sicherheitsverhalten des Bogens verstanden werden. Es wird so beschrieben: der Sicherheitskoeffizient ist der einzige, der das Verhältnis zwischen Bogenbreite und Drucklinie ausdrückt. So wird dieser Koeffizient zum Beispiel 4, wenn ein Bogen 4-mal so breit ist wie die Drucklinie in einer bestimmten Lage.

Augenblicke vor dem Einsturz der Struktur kann sich folgendes ereignen: möglicherweise tauchen so viele Gelenke auf, dass sie einen Bruchmechanismus bilden. Normalerweise genügen 4 - abwechselnd zwischen Leibung und Rücken – Gelenke, damit sich dieser Mechanismus ergibt. Eine andere wichtige Bruchmöglichkeit besteht darin, 3 auf der gleichen Höhe zu haben. Es gibt auch andere Bogenstrukturen die einen solchen Mechanismus bilden können, wie zum Beispiel der außerordentlich flache Stichbogen.

In diesem Zusammenhang sollten noch zwei Texte genannt werden, die sich ebenfalls mit der Berechnung des Steinbogens und ihrer Sicherheit befassen. Eine erste Annährung an dieses Thema findet sich bei **Inglis**, der die Bogenbreite nicht berücksichtigt, während **Yvon Villarceau** ein kompliziertes und komplettes System entwickelte, das das Problem graphisch durch Kraftdiagramme löst.

### 2.3 Sicherheitsvorbilder.

In der Praxis kann eine andere Methode angewandt werden: das Maß der Festigkeit einer Brücke (oder anderer Bogenkonstruktionen), wie z.B., durch die Lage verschiedener Steine an verschiedener Stellen, gegen unerwarteten Überlastungen.

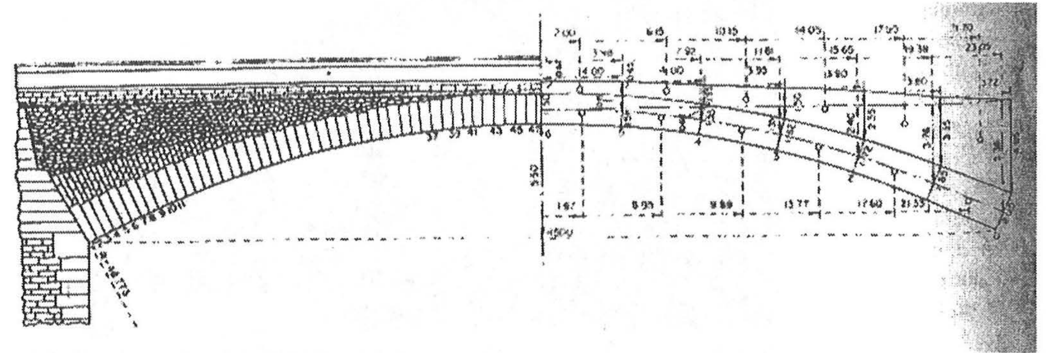


Bild 3. Ponte Mosca, Turin. Unterteilung des Bogens in 6 Segmenten für seine Untersuchung. Castigliano (s=2,5MN/m²)

Normalerweise können beide, die analytischen und graphischen, Methoden zusammen angewendet werden, sodass sie gemeisam bei einer Restaurierung oder Sanierung erfolgreich eingesetzt werden können (wir sind der Meinung, beide Methode können vom Architekt oder Ingenieur benutzt werden). Sollte der Druck zu sehr steigen, kann sich der Durchschnittsdruck trotzdem in einem kontrollierten Rahmen halten.

Auf diese Weise ist die Notwendigkeit ersichtlich, beide Standpunkte, die geometrischen und analytischen, zu berücksichtigen. In dieser Hinsicht verteidigte Yvon Villarceau einen Sicherheitskoeffizienten von mindestens 10-mal der vorausgesetzten Festigkeit des Baustoffes.

# 3. HISTORISCHE ENTWICKLUNG. BAUKONSTRUKTIVE TECHNIK

Um eine Rückkehr ins Altertum zu vermeiden, wo die ersten Bogenkonstruktionen aus zwei aufeinander gesetzten Steinen bestanden, die mit dem Boden ein Dreieck bildeten, fangen wir mit der „wirklichen" Ingenieurszeit der abendländischen Geschichte an.

## 3.1 Rom: Baukonstruktives Entwerfen. Grundlagen der Bautechnik. Baustoffe und ihre Anwendungsbereiche.

Auf die Römer wird als „Höhepunkt" des Ingenieurbaus aller Zeiten hingewiesen gewesen. Sie hatten die Technik des Bauens so weit entwickelt, dass neue Methoden im Vergleich fast irrelevant wurden. Der Ausbau des Römisches Reichen machte die Errichtung von zahlreichen Brücken notwendig, wovon P. Gazzola (1963) in seinen Katalog „Römische Brücken" 293 aufzählte.[3]

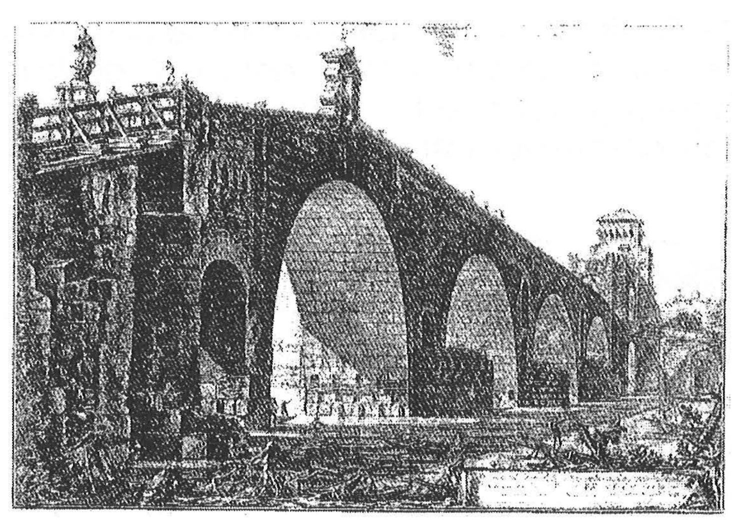


Bild 4. Ponte Malvio in Rom, die erste Brücke, die mit Travertingestein verkleidet wurde.

Obwohl das Baujahr der ersten Mauerwerksbrücke von Rom unbekannt ist, wurde sie 179 zum ersten Mal schriftlich belegt. Das Datum selbst unterschtreicht die Wichtigkeit der römischen Brückentwicklung. Von der ursprünglichen Konstruktion bleiben nur zwei der sechs halbkreisförmigen Steinbögen und fünf Pfeiler der Brücke bestehen.

[3] Katalog von P.Gazzola: "Ponti Romani" (1963)

Außerdem sind die fensterartigen Mauereröffnungen, die um das Hochwasser durchfließen ließen, erhalten.

Eine der verbreitetsten römischen Gewohnheiten war es, die Fundamente auf Pfahlroste zu mauern. Die Maueröffnungen sollten dafür sorgen, dass die Standfestigkeit der gesamten Brücke bei Hochwasser gewährleistet wurde. Eine andere bedeutende Brücke ist die Ponte Milvio, die aus verkleidetem Stein inzwischen 192 und 109 v. Chr. gebaut wurde (Bild 4). Die Verkleidung der Brücke wurde mit Travertiner Gestein verwircklicht.

### 3.1.1 Hauptbaustoffe und Werkzeuge

Gesteine wurde im Altertum nach Dauerhaftigkeit oder Festigkeit klassifiziert. Besonders zu Bauzwecken geeignet war der leichte und feste Kalktuff, dessen spezielle Eigenschaften unterschiedliche Anwendungen zuließ: er konnte einerseits ziemlich einfach gehandhabt werden, und andererseits passte er sich auf ideale Art und Weise den bildhauerischen Gestaltungsmöglichkeiten an. Solange der Kalktuff gemauert wurde, gewann er an Festigkeit, was im Laufe der Jahre besonders zu schätzen ist. Diese Eigenschaften förderten seine ausgedehnte Anwendung und Nutzungin den Mittelmeerländern.

Was die Werkzeuge und Maschinen betrifft, mit denen **Vitrubio** sich in seinen „Zehn Büchern der Architektur" befasst, sind die Hebekräne besonders zu berücksichtigen.

### 3.1.2 Der Baubetrieb und seine Entwicklung. Fundamente und Bogenlehrgerüste.

Im Allgemeinen hätten die Bauschritte im römischen Alter der nächsten Weise sein können: zuerst, Fundamente und Fußböden; dann die Pfeiler und danach die Aufstellung des Lehrgerüstes, der Bau der Bögen und Gewölbe und in der letzten Phase das Abnehmen des Gerüstes[4]. Sehr häufig war dem Baumeister dazu gelegen, Schmuckelemente am höchsten Punkt der Brücke anzubringen, um die Standfestigkeit zu erhöhen, als auch als Aufenthaltsort für Fußgänger, die sich auf dem Weg befanden.

Eine weit verbreitete Technik war Holzpfeilrohste unter den Pfeilen zu legen. Obwohl die verschiedene Feuchtigkeiten der Rosten nicht

---

[4] Ein bekannter Fall einer Lehrgerüsteabnahme befand sich in der Neuilly Brücke, von *Perronet*. Der Ingenieur traf die Entscheidung, die Gerüste der Brücke vorher abzunehmen, als es ofiziell geplannt wurde, um die mögliche Demütigung des Königs bei einem Fehler zu vermeiden.

besonders problematisch werden könnte, ist es nicht zu übersehen, dass es bei verschiedenen Wasserhöhen die Stabilität und Dauerhaftigkeit der Fundamente gefährden könnte. Diese Technik, Pfeilroste als „Vor-Fundamente“ zu nutzen, ist auch heute noch sehr genutzt, obgleich die Baustoffe sich stark weiter entwickelt und verbessert haben.

Die Pfeiler wurden danach auf einer großeren Ebene aufgestellt. Form und Höhe der Maueröffnungen hingen von der Strömmung des Flusses und der wiederholten Hochwassern ab, was die Unterspülung der Fundamente teilweise vermeiden ließ.

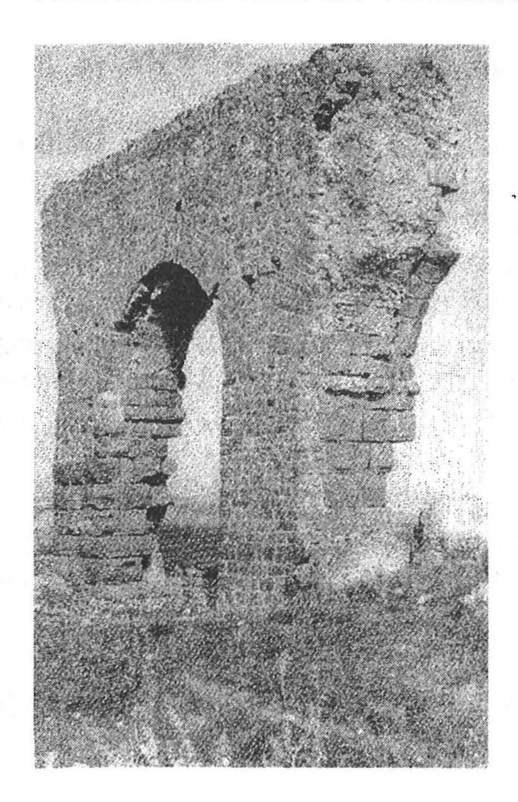


Bild. 5.
Kleinsteinig verkleideter römischer Quaderpfleiler, Wasserleitung von Karthago.

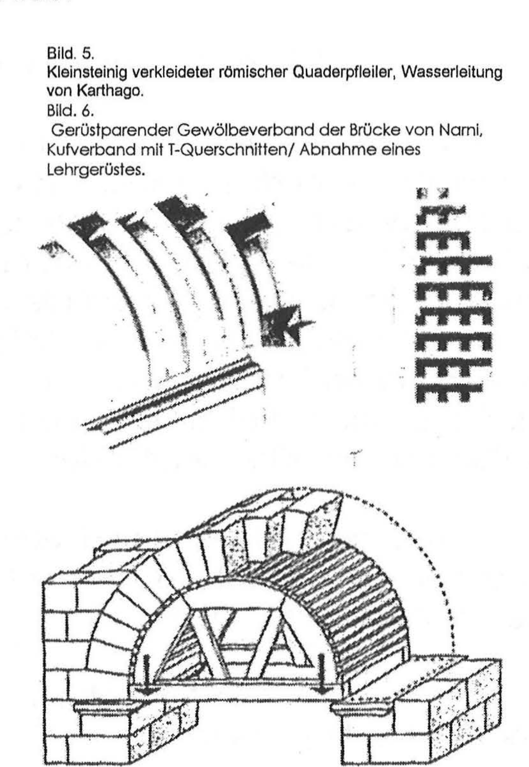


Bild. 6.
Gerüstparender Gewölbeverband der Brücke von Narni, Kufverband mit T-Querschnitten/ Abnahme eines Lehrgerüstes.

Die Seitenpfeiler der Brücken wurden normalerweise aus verschiedenen Schichten gebaut. Für die Mörtel wurde eine Sparpolitik angewandt. Eine normale Brücke der römischen Zeit bestand aus folgenden Teile: die innere Ebene der Mauer wurde am häufigsten mit "opus quadratum" gebaut (Bild 4). Eine weitere Weise, bei der Füllung benutzt wurde, war die bei der Bruchsteinchen normalerweise noch zusätlich auf den Bogenzwickel geworfen wurden. So erreichtete man die Vergrößerung der aktiven Rundung des Gewölbezwickels, sodass die gesamte Mauerwerkskonstruktion fähig war, höhere belastungen und Dauerlasten aufzufangen. So kann die Drucklinie durch ein fest aber leichtes Material gehalten werden.

Der immer beeindruckende Gerüstbau folgte der Pfeilerkonstruktion. Auf diesem wurde das Tonnengewölbe aufgelegt.

### 3.2 Die Entwicklung der Baupraxis. Notizen vom Byzanz bis zum 18. Jahrhundert.

Ab der Byzanzer Epoche gab es fast keine weitere bedeutende Entwicklung der Bautechnik. Es bleibt trotzdem zu erwähnen, dass das wichtigste Ergebnis dieser Zeit, das Umdenken in der Bogen- und Gewölbegestaltung, ins Abendland „verpflanzt" wurde. Die nächste Revolution in der Baupraxis zeigt sich im 18. Jahrhundert.

Trotz der großen Mangel an neuen Brücken werden die anzudeutenden Tragwerksbeispiele, worüber geschrieben wurde, genannt. Diese Tragwerkonstruktionen sind nach der Außergewöhnlichkeit ihrer Strukturen geordnet, und gehören verschiedenen Epochen an, die die vorher genannte Evolution bis zur Stahlbrücke einleiten.

#### 3.2.1 Byzanz.

Die Bogenbautechnik entsteht aus dem Schatz gesammelter Erfahrungen, die folgendes zusammengefasst werden können: erstens, die Anwendung seit dem 3. Jh.n.Chr. von Gewölberippen zur Verstärkung des Tonnengewölbes; zweitens, die Benutzung von Probemodellen aus Holz zur Überprüfung möglicher Einsturzfälle des Bogens. Dieser Modellbau wurde zuerst von **Philon aus Byzanz** empfohlen.

#### 3.2.2 Gotik.

Im Vordergrund steht natürlich das geistliche Streben der Einwohner im Mittelalter. Es ist offentsichtlich, dass sie noch andere Ziele hatten, als sich industriell zu entwickeln. Alle Anstrengungen konzentrierten sich ein einziges Ziel: das Erreichen des Himmels. So wurde jede nützliche bautechnische Wissensvertiefung auf den Kirchebau angewendet. Andererseits wurden die Brücken kaum beeinflusst: der Baubetrieb blieb ohne anzudeutenden Veränderungen, sowohl was die Werkstoffe als auch das Bauverfahren betrifft. Die mittelalterlichen Architekturprogramme folgten, wie gesagt, einem einzigen Ziel: die Menschen Gott geographisch näher zu bringen.

Als in diesem Text angeführt wurde, hatte die Anwesenheit von Skulpturen und anderen Ausschmuckungen auch eine Tragwerksfunktion. Es soll in Erinnerung gerufen werden, worauf der gesamte Text eingeht: die graflose Wichtigkeit der Erfindung der Drucklinie für die Brückenanalyse, und die Erfahrung der Bauherren, diese riesigen Bauwerke zu einem guten Abschluss bringen mussten. Damit ist gemeint, dass das Gewicht der Skulpturen der Strukturstabilität der

Brücke half. Deswegen stellen die Skulpturen auch heute noch einen Hauptteil des Bogens dar.

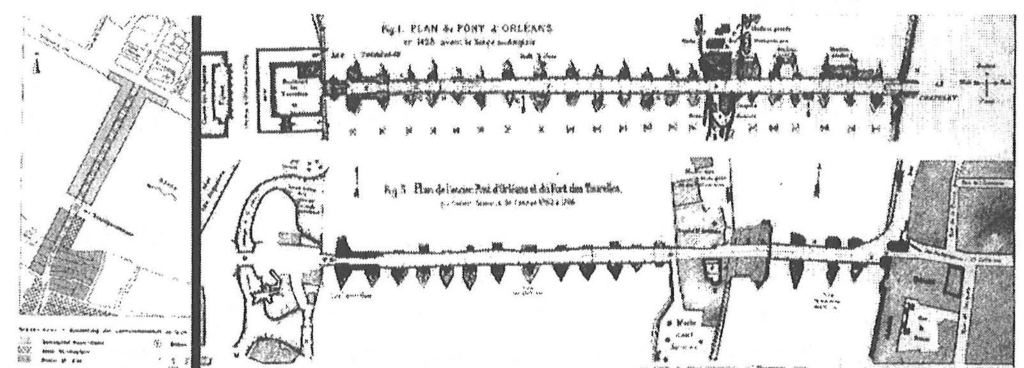
Wie Hook in seinen schriftlichen Arbeiten ausdrückte, neigt die Struktur zu einer natürlichen Beständigkeit. Das heißt, die Drucklinie eignete sich zum richtigen Belastungsauffang. In einem Spitzbogen, zum Beispiel, wurde die Drucklinie durch eine hangende Kette mit einer Spitze dargestellt. Wenn man die Kette spiegelte, wurde man die Gestalt der neutralen Linie (Bogenachse) des Spitzbogens aus dem Diagramm ersichtlich.

### 3.2.2.1 Kurzer Überblick über Brücken in der Gotik.

Das Forschungsgebiet, die Verteidigungsanlagen und der Ingenieurbau, ist nicht zu übersehen. Zu diesem Aufgabenfeld gehören die folgenden Meisterstücke, die zwischen 1100 und 1500 gebaut wurden:

- Zur ersten Brückenart gehören die Brücken, die mit Türmen oder Toren befestigt wurden, wie: die Old London Bridge, in England und eine große Anzahl in Frankreich, von denen wir nur einige ausgewählt haben wie, z. B. die Pont de Montauban über die Garonne (1034) und die zwei ältesten in Paris, die Grand-Pont mit ihrem Grand Châtelet (ein Bau, der sich auf einer Seite des Ufers befindet, aud die Weise der Brücke über den Arno-Fluss, von Filarete) und die Petit-Pont mit ihrem Petit Châtelet über die Seine, letztere vor 1428 gebaut.
- Zur zweiten Brückenart gehören die Stadtbrücken, wie z. B. die in verschiedenen europäischen Städten zu findenden Steinbrücken: die Ponte Vecchio über den Arno-Fluss in Florenz, die Moldau Brücke in Prag, und die Elbebrücke in Dresden und Donaubrücke in Regensburg. Paris, die lebendigste Stadt des Mittelalters, zeigt einen unschätzbaren Reichtum an Brücken, dem sich nur Florenz, und mit großem Abstand, kaum annähern konnte. Auf einer Oberfläche von etwa 273 ha., konnte die Stadt Paris innerhalb iher Stadtmauern in nur 20 Jahren, zwischen 1190 zu 1210, zwei fertige Brücken, noch fünf sich im Bau befindenen aufweisen, um die Ile de la Cité mit dem Festland zu verbinden.

Der einzige Fortschritt im Brückenbau, der in dieser Epoche Wichtigkeit hatte entstand aus der Notwendigkeit, die Brücke vor Wasserstößen zu schützen, sodass eine Art Mühlen bzw. Holzräder unter dem Abschnitt jedes Bogens aufgestellt wurden. Die Mehrheit der Brücken hatte auch unter anderen, Holz als Baustoff, was hier als Thema unbehandelt bleibt. Die Grand Pont Brücke (Bild 8) hat insgesamt 13 dieser Mühlen.



Bilder 7 und 8. Grand Pont Bauherrschaft über den Bau. Orleans, Loire Brücke, ungefähr XV Jh.

Brücken mit kleinerer Spannweiten wurden auch zwischen dem linken Ufer und der Cite-Insel erbaut. Für den Bau der ersten Brücke auf der Bodenfläche neben der Petit Pont Brücke wird der Bischof Maurice de Sully als Auftragsgeber angegeben. Die Brücke wurde zwischen 885 und 1499 erbaut und in einigen Fällen mit Holz restauriert.

### 3.2.2.2 Die Fundamente. Der Schwachpunkt der gotischen Zeit.

Die Fundamente mit Pfahlrosten unter Wasser waren im Mittelalter nicht überall verbreitet. Die erste Brücke mit dieser Art von Fundamente war die Notre-Dame Brücke, in Paris, die erst nach harten Diskussionen zwischen der Baukommission und den 23 eingeladenen Baumeistervereinen ihre Bauerlaubnis erhielt wurde. Es wurde die Entscheidung getroffen, die Pfahlroste aus Ulmen- und Eichenholz herzustellen.

Um die Fundamente vor der Unterspülung des unterbodens zu schützen, wurde die Einrammung dieser Pfahlroste lang beibehalten. Danach wurden sie auch noch mit Schnüren umbunden, um großere Stabilität zu erreichen. Auf die Steinpfeiler wurden die so genannten Lagerdeckel gelegt, die dieselbe Funktion hatten wie die römischen. In zwei Fällen von sehr bekannten Brücken - der Themsebrücke in London (1209) und der Regensburger Brücke (1135-46) - wurde diese Praxis ausgeführt.

Trotz des Erfolgs dieser Art von Brückenbau im Fall der Notre-Dame Brücke, gab es auch viele erfolglose Versuche in diese Richtung, wie zum Beispiel, in Kathedralen und Kirchen, und andere Strukturen religiösen Verwendungszwecks, im allgemeinen. Die Türme der Katharinenkirche in Hamburg hatten keine Dauerhaftigkeit, wegen dem Verlust der Festigkeit des Mörtels und der übertriebenen „Varietät" an Arte von Baustoffen und Steinsorten. Die unterirdischen Fundamente drangen nur 5,20 Meter in die Erde ein, was eine sichere Übertragung der Lasten und Druck zum Fußboden nicht garantieren konnte.

### 3.3 Renaissance.

Die Renaissance bietet eine blühende Vielfalt an Bauen an, die es sich zu erkennen lohnt, obwohl ihre „strukturelle Seite" relativ unbekannt ist.

Es hebt sicht die in dem *Albertis* "De Re Aedificatoria" (1485) gezeichnete Kolonnade besonders hervor, sowie die Brücke über den Averlo-Fluss, von Filarete, der auch auf beiden Ufer des Flusses großartigen Arkaden und einen Palast entwarf. Die Notre-Dame Brücke taucht wieder aufgrund ihrer Wichtigkeit auf, doch wir werden uns nur mit der Rialto Brücke beschäftigen.

#### 3.3.1 Die Rialto Brücke in Venedig. Europäischer Einfluss.

Die Rialto Brücke ist eins der bedeutendsten Beispiele an Schönheit und sinnvollen, angemessenen Konstruktionen. Sie wurde zwischen 1250 und 1265 über den Gran Canal aus Holz gebaut. Im 18. Jahrhundert wurde sie zum Speise- und Gemüsemarkt. Nach dem Brand vom 10. Januar 1513, das den ganzen Rialto Bezirk und die Brücke in Asche legte, brauchte die Stadt ein gar neues Vorbild für das ganze Gebiet. Für das Projekt einer neuen Brücke wurden drei der bekanntesten Architekten: **Vignola**, **Sansovino** und **Palladio**, zu einem geschlossenen Wettbewerb eingeladen.

Viele Bedingungen mussten von den drei Architekten erfüllt werden: unter anderem waren Bauwirtschaftliche Einsparung, bauliche schlichtheit und Aspekte des Zugangs in Betracht zu ziehen. Die Bauarbeiten 1591 abgeschlossen.

Die Brücke hat eine Spannweite von 28,80 Meter, die mit einem einzigen halbkreisförmigen Bogen erreicht wurde. Das Verhältnis zwischen Spannweite und Pfeilerhöhe ergibt 1 : 4.5 während die Gesamtlange der Brücke 46,20 Meter beträgt. Die Breite (zentrale Straße und Geschäfte eingeschlossen) ist 22,10m breit. Die zentrale Bogenöffnung ist sechs Meter breit.

Das Rialto Vorbild wurde in Europa mindestens zweimal nachgeahmt: zuerst, bei der Fleischbrücke in Nürnberg, deren Aussehen und bauliche Gestaltung dieser Brücke folgten; danach, die im Jahr 1610 von **Elias Holl** vorgeschlagene Brücke, die das von Palladio entwickelte Konzept für die Rialtobrücke wiederholte: die Barfüßerbrücke. Dieser letzte Augsburger Bau diente als Ideal einer anderen Brücke in Bath, die von **Robert Adams** 1770 gebaut wurde.

## 4. DER SINNLOSE STRUKTURELLE RAHMEN. DIE AKTUELLE LAGE

Die Bedeutung der Tradition der Baupraxis wird heute verstanden, sodass es einfacher wird, den Grund unserer Unterschätzung der aktuellen Methoden und des Umdenkens zu verstehen, und auch warum die moderne Bautheorie häufig zu erfolglosen Ergebnissen führt, was alte steinerne Konstruktionen betrifft.

Die heutige Theorie der Tragwerksberechnung und deren Lehrsätze ergeben normalerweise Fehler in der Analyse alter Mauerwerkstrukturen. Genaue Angaben und bestimmte Eigenschaften (Festigkeit, Elastizität und andere Koeffizienten) des Baustoffes würden gebraucht, um sie erfolgreich durchführen zu können. Wegen der Unmöglichkeit alle Parameter zu erfassen, was nur durch eine unmenge an Feldversuchen rreicht werden könnte, ist diese Methode nur teilweise verwendbar.

Wie schon erklärt wurde, handelte sich das schwierigst zu lösende Problem von der Berechnung der Beständigkeit und Standsicherheit des Bogens oder Gewölbes, die sich nicht durch die Festigkeit allein erkennen lässt (wie die aktuellen Methoden empfehlen). Diese alte Bauart erfüllt keine der heutigen Voraussetzungen, welche für die Berechnung von gängigen Strukturen benötigt werden.

Abschließend Könnte gesagt werden, dass die systematische Anwendung solcher Systeme nicht immer erfolgreich istd, da die exakte Festellung der in der Rundung des Bogens enthaltenen Drucklinie bei Steinbrücken, Kuppeln und ähnlichen Bauten unmöglich ist. Es ist deswegen dem Forscher nicht immer gelungen, neue Methoden auf das alte System zu übertragen.

## 5. RISSANALYSE BEI STRUKTUREN: RESTAURIERUNG UND SANIERUNG

Die Risse sind das sichtbare Gesicht der steinernen Strukturen. Wenn man sie richtig zu lesen versteht, ist man fähig ernste Forschung zu betreiben, damit Strukturbewegungen, ihre Herkunft und Konsequenzen, ans icht kommen. Es ist auf jeden Fall nötig, Grundkenntnisse zu besitzen, um sowohl das Verhalten der Struktur erkennen zu können, als auch ihre mögliche Entwicklung vorauszusagen.

Steinkonstruktionen bewegen sich. Das heißt, sie leben. Damit ist gemeint, dass die erste Bewegung im ersten Moment des Lastauffangs (während der Abnahme eines Lehrgerüstes) stattfindet. Wenn ein Lehrgerüst abgebaut wird, setzen sich die Wölbsteine auf eine bestimmte

Art, damit die Drucklinie innerhalb der Rundung gehalten werden kann. Damit wird die natürliche Gestalt bzw. die normale Form gefunden. Manche Risse können am ersten Tag erscheinen, und immer gleich bleiben. Um diese Risse muss man sich keine Sorgen machen, jedoch große um jene, die sich mit der Zeit vergrößen und verbreitern. Unstabilen Rissen folgen neue, wahrscheinlich gefährliche Bewegungen, die man kontrollieren muss.

Wenn man davon ausgeht, dass jeder Riss durch die Querrichtung des Drucks erzeugt wird, lassen sich relativ leicht die ursprünglichen Gründe der Risse entdecken. Die Mehrzahl der Risse wird durch Erdbewegungen oder Strukturteilverschiebungen verursacht.

### 5.1 Analyse der Risse in Steinstrukturen.

Die vertikalen Kompressionskräfte greifen aufgrund der Zusammensetzung und Auflagerung der Steine ein, als ob sie eine Art "Vordruck" wären, der die Beständigkeit des gesamten Baus zusammen hält. Die Struktur muss sich auch setzen. Um dies zu messen, werden die sogenannten Jahr- und Generationsregeln angewendet, denn diese Zeit (nach einem oder 25 Jahren) ist der Erfahrung nach die passende, um zu prüfen, ob die Struktur und ihre Umgebung standhalten.

Einer der vernünftigsten Gründe der Restaurierung von Steinbauten ist festzustellen, dass jeder Teil, sowie die gesamte Struktur, sich an den Standsicherheitslehrsatz anpasst. Diese Kohärenz ist unvermeidbar, um mit der Sanierung anfangen zu können.

Deshalb wird der Architekt in der Breite des Bogens enthaltene Kräftesysteme suchen, die mit der jeweils gegebenen Belastungstelle, den Überlastungen und mit dem Eigengewicht in Einklang sind. Als logische Folge, geht es im ganzen Werk um Geometrie.

Die Unterspülung der Fundamente bildet eines der schwierigsten Probleme, die es geben kann. Geringe Verschiebungen auf dem Boden können große Verschiebungen auf anderen Höhen provozieren. Das heißt, bedeutende Bewegungen können so einen Weg finden, der die ganze Struktur zum Einsturz bringen könnte. In einem Bogen, zum Beispiel, in dem sich eine Widerlagermauer wenige Zentimeter verschoben hat (unabhängig davon, ob die Bewegung wegen einem Rutsch der Verbindungselemente oder aus anderen Gründe verursacht wurde), kann das Fundament ausgehöhlt werden. Das würde den Einsturz der Struktur bedeuten. Asymmetrische Bewegungen oder Drehungen setzen auch die Struktur unter Druck, sodass die Drucklinie horizontaler und ebener wird, und fast die Stelle der maximalen Drucklinie erreichen kann. Die Standsicherheit wäre denn in großer Gefahr. Ein wunderwares Beispiel dafür ist der Türm der Elly Kathedrale in Frankreich und ihrer

Restaurierung, von der nütliche Erfahrungen weitergegeben werden können.

Hiermit kann die Theorie durch zwei großartigen Beispiele ergänzt werden: einerseits, durch die Brücke des Clare College und andererseits, durch die Brücke von Over, der einzige bekannte ingenieurbau von Telford. Beide Brücken wurden in England gebaut.

## 6. BEISPIELE: DIE CLARE COLLEGE BRÜCKE UND DIE OVER BRÜCKE

Über 200 Jahre lang (zwischen den 17. und den 19. Jhdt.) wurde akzeptiert, dass das Gelenk zwei Wölbsteine der Schlüssel für den Gesamtzusammenhang des Verständnisses der lokalen Verhältnisse und der globalen Bedeutung eines Steinbogens war. Dazu muss gesagt werden, dass der "tatsächliche" Drucklage einer Konstruktion als Konzept im Wesentlichen sinnlos erscheint.

### 6.1 Die Clare College Brücke.

Auf Bild 9 sind besonders die Deformierungen des Westbogens und der Brücke klar zu sehen. Davon ausgehend, kann die Analyse dieser Brücke beginnen. Besondere Aufmerksamkeit sollte darauf gelenkt werden, dass beide Seitenbögen sich verschoben haben: einer nach Westen und der andere nach Osten. Die folgende Frage, die sich stellt, ist wie man mit diesen Verschiebungen umgehen kann. Die niedrigere Höhe der Schlusssteine zeigt, dass die Widerlagermauern sich bewegt haben müssen. Der Druck steigt wieder fast bis zum Äußersten.

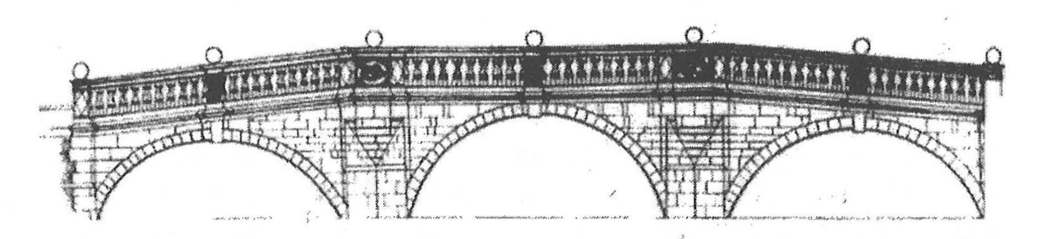


Bild 9. Südansicht der Clare College Brücke, die Verzerrungen zeigend.

Hinter dem Steinmauerwerk der Brücke gibt es eine Hintermauerung aus Ton und Sand, die die Basis für die Fahrbahn.

Es ist besonders wichtig zu erklären, dass schon eine relativ kleine Senkung des Schlusssteines die Stoßkraft der beiden Extreme der Brücke stark vergrößert. In diesem würden Fall 20 Zentimeter ausreichen, um den Druck um etwa 23 kN steigen zu lassen. So erscheint es, als ob die Zunahme Belastungenszunahme sehr gering sei, obgleich sie tatsächlich von bedeutender Wichtigkeit ist. Die Drucklinie bleibt trotzdem fast unverändert.

Um die Analyse abzuschließen, muss noch hinzugefügt werden, dass eine Einzellast, die auf die Brücke wirkt Grund genug wäre, um das kraftgleichgewicht zu verändern. Eine Last von 39 kN würde genügen um die Brücke zu zerstören. Daher ist überhaupt keine Überlastung ist akzeptabel.

### 6.2 Schlussforderung an die Brückenkonstruktion und ihre Standssicherheit.

Wie schon besprochen wurde, lässt die Analyse die Ursachen und Folgen bestimmter Bewegungen erkennen. In unserem Fall wäre ein Fehler im Bauverfahren „am Leiden der Brücke schuldig". Die Wölbsteine wurden unbeholfen bzw. gedankenlos bearbeitet, weswegen sie gegen- oder aufeinander rustchten. D. h., dass ein unerfahrener Steinmetz den Aufbau der Brücke durchgeführt haben muss. Die Situation wird im Folgenden kommentiert.

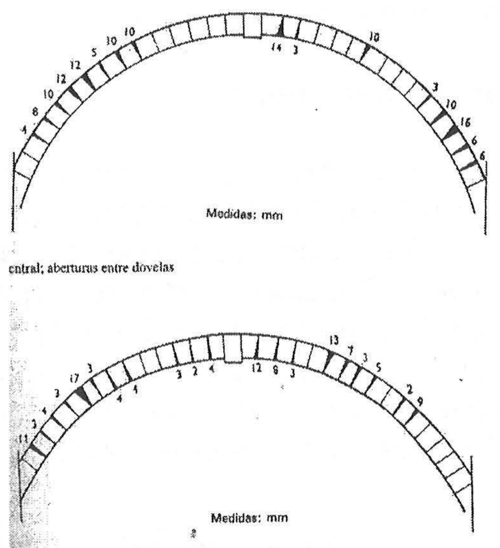



Bild 10.

Südseite der West- und Zentralbogen, Verbreiterungen zeigen (in mm gemessen). Das Erzeugen der Gelenke scheint nur eine relative Gefahr darzustellen, wegen der Annäherung der Drucklinie zur Leibung des Bogens. (Anhäufung und Summe vom Druck in beiden Seiten).

Eine von Patfield (1972: 305-18) geleitet genauere Untersuchung der Brücke zeigte, dass "viele der Verbreiterungen (Bild 10) der Gelenke sich mit Schiefgestein aus Collyweston gefüllt waren, und dass diese zusätzlichen Füllungen kurz nach dem Abschluss der Errichtung des Brückeaufbaus stattfanden". Es scheint deswegen klar, dass die Hauptdeformierungen während des Baus auftauchten, denn die Steine waren von schlechter Qualität und die entdeckten Schäden in den Widerlagermauern, Bögen und dem Westpfeiler wurden deswegen schnell nach dem Bau repariert mit dem bereits erwähnten Schieferstein.

Die relative Schlankheit (das prozentuelle Verhältnis zwischen Bogenbreite und Spannweite ergibt nur 4,5%, gegenüber des empfohlenen Prozentsatzes von 10%) des Westbogens lässt den Gedanken aufkommen, dass die Reihenfolge der verschiedenen Bauetappen die Ursache großer Verschiebungen in der gesamten Brücke gewesen sein kann. Falls die Hintermauerung und der

Fahrbahnbelag nicht gleichmäßig auf die zwei Seitenbögen verteilt würde, wäre es möglich gewesen, dass der Westbogen dem Druck nicht widerstanden hätte. Weitere Auswertungen und Forschungsergebnisse wären hilfsreich, um diese Hypothese überprüfen zu können.

Der Lebenslauf des Baumeisters macht uns glauben, dass **Thomas Grumbold**[6] keine echte Erfahrung im Brückenbau hatte. Das stützt die Theorie, dass erstens, einen Fehler begangen wurde, und zweitens, dass dieser Fehler auf Grund der Unwissenheit des Architekts geschah.

Die Brücke hat jedoch bereits mehr als dreihundert Jahre unbeschadet überlebt. Es gibt kein Anzeichen für gegenwärtige Bewegungen, obwohl die Brücke nur als Fußgängerbrücke zu nutzen ist und benutzt wird.

### 6.3 Die Over Brücke von *Telford*.

Von den Brücken, die auf der 1913 von *Sejoumé* hergestellten Liste stehen, hatten eine größere Spannweite als 40 Meter. Die dritte der Liste war die Over Brücke, von Telford. 1826 erbaut, besaß die Brücke zahlreiche Bausonderheiten, unter anderem ihre Ähnlichkeit mit der Neuilly Brücke von Perronet. Mit dieser Brücke teilte sie die Bogengestalt und die Nutzung der so genannten "Kuhhörner" (frz. "cornes de vache"), um die Flussströmung bei Hochwasser nicht zu verändern bzw. zu beeinflussen, und die Fundamente vor der Unterspülung des Wassers zu schützen. Um diesen konstruktiven Teil besser zu beschreiben, sollte man folgendes erläutern: diese Bauinnovation vereinfacht den Wasserdurchgang, sodass die Flussströmung des Wassers und ihr Kontakt zu den Steinoberflächen regelmäßig bleibt.

Der Vergleich einer Brücke zu der anderen wird jedenfalls die erste schaden (in einem demütigenden Sinn). Eine erste Überbachtung des Formes eines Bogens bei der Neuilly Brücke klärt auf, dass sich Perronet viel mehr geometrische Sorgen um die Erlösung der Brücke machte: der Ingenieur benutzte elf verschiedenen Bogenradien, statt der halbelliptischen Gestalt von der Brücke Telfords. Vorteile davon, mehrere Radien zu strömmen, gibt es viele: das Wasser wird es gelassen, einfacher zu übergehen. Außerdem ist die Brücke auf 23 französischen Füße Hochwasser vorbereitet, statt weniger, die mit dem elliptischen Abschnitt erreichbar waren. Telford verwirklicht einen einfacheren 35 Füße hoch Bogen. Der zentrale massive Schnitt lehnt sich an 6 parallelen Widerlagermauer aus Bruchstein.

Alle Zuweißungen die Telford hinter sich ließ, sowohl andere Arbeiten von **Philips**, beweisen die Fehler, von denen die Konstruktion

---

[6] • Thomas Grumbold war hauptsächlich mit Hochbau domestischer Konstruktionen engagiert.

ausging. Telford glaubte, dass die unterirdischen Ebenen im westlichen Ufer stärker waren, als sie eigentlich waren. Später geschriebene Unterlagen zeigen einen unterschiedlichen Satz des Fußbodens, der aus Ton hauptsächlich bestehet. Im anderen Ufer des Flusses wurde keinen Unterschied gefunden, was nicht half, die Fundamente anderer Pfeiler zu verbessern.

Dass Telford überhaupt nicht Vorsichtig war, lassen uns die ungesetzten Pfahlrosten sehen. Aufweisungspapier vom Jahr 1828 spezifizierten die Notwendigkeit der Einrahmung durchdringender Pfahlrosten.

Während des Abbauens der Brücke stieg sie um 5 Zentimeter herab, gefolgt von einer anderen Erniedrigung, die knapp 20 Zentimeter erreichtete. Noch übertriebener waren diese 25,4 Zentimeter zu Telford, der eben gelegen die Sparung an den Fundamente bedauerlich dachte. Es war trotz allem ihm gelungen, sich Stolz auf sein Werk zu zeigen: nach ihm, stieg die Brücke von Perronet insgesamt mehr als 50 Zentimeter herab.

Im Jahr 1930 wurde von ihm verlangt, die Risse in der Brücke zu untersuchen bzw. studieren. Den Prozess musste er noch mal wiederholen, obwohl er die Brücke immer sehr vertrauerlich ansah. Vier Jahre später wurde ihm für den Aufbau bezahlt. Die alte Brücke von Over wurde endlich abgerissen.

## 7 LITERATURVERZEICHNIS

[1] MISLIN, MIRON. (1997): *Geschichte der Baukonstruktion und Bautechnik; Band 1: Antike bis Renaissance.*
Werner Verlag, 2.neubearbeitete und erweiterte Auflage.

[2] HEYMAN, JAQUES.:

(1966). Artículo 9, El puente de Clare College (con C.J.Padfield), 141-155; en *Teoría, historia y restauración de ESTRUCTURAS DE FÁBRICA (colección de artículos)*. Edición en español, Instituto Juan de Herrera, Madrid, 1995.

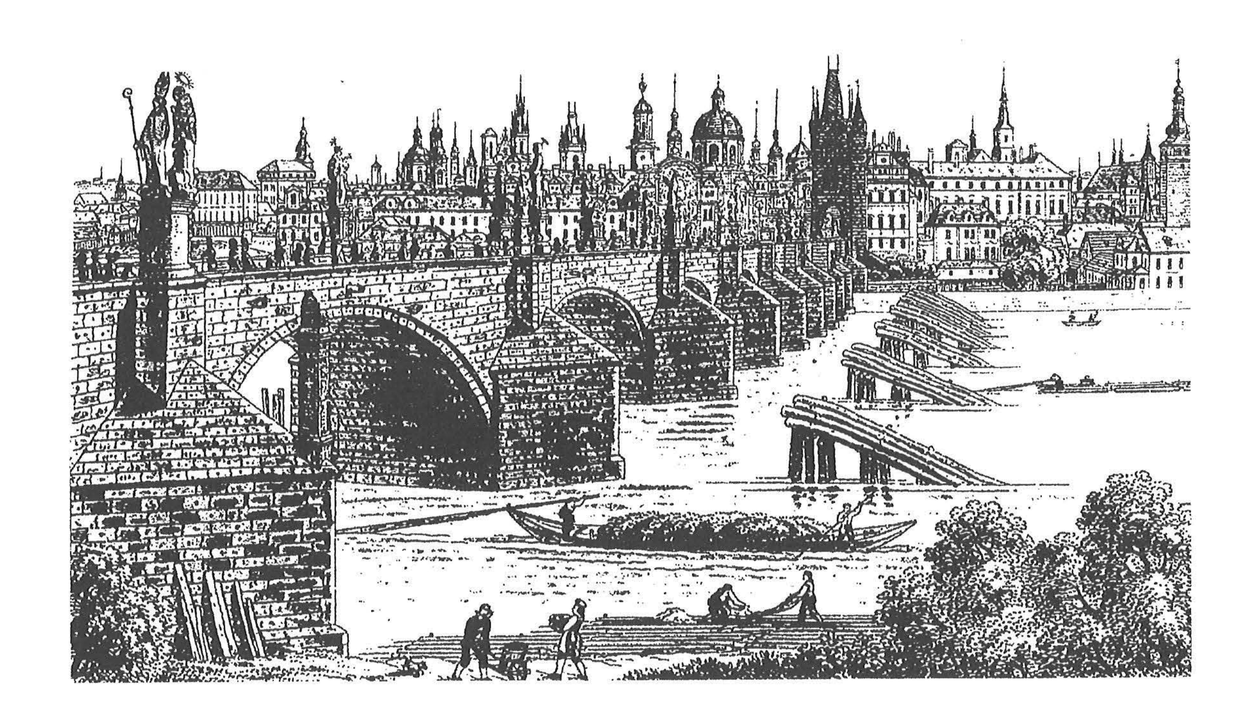
(1966). Artículo 10, El puente deTelford en Over (con B. D. Threlfall), 155-165; en *Teoría, historia y restauración de ESTRUCTURAS DE FÁBRICA (colección de artículos)*. Edición en español, Instituto Juan de Herrera, Madrid, 1995.

(1966). *El esqueleto de piedra. Revista Internacional de Sólidos y estructuras*, Vol. 2, 1966. (Edición en español, Instituto Juan de Herrera, Madrid, 1995).

[3] GAZTELU, LUIS. (1910).: *Resumen de las lecciones de puentes de fábrica y algunos puentes metálicos explicadas por el profesor Luis Gaztelu*. Madrid.

[4] MARTÍN-CARO ÁLAMO, JOSE ANTONIO. (2001): *Análisis estructural de puentes y arcos de fábrica. Criterios de comprobación*. Tesis doctoral Escuela Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos de Madrid. Madrid

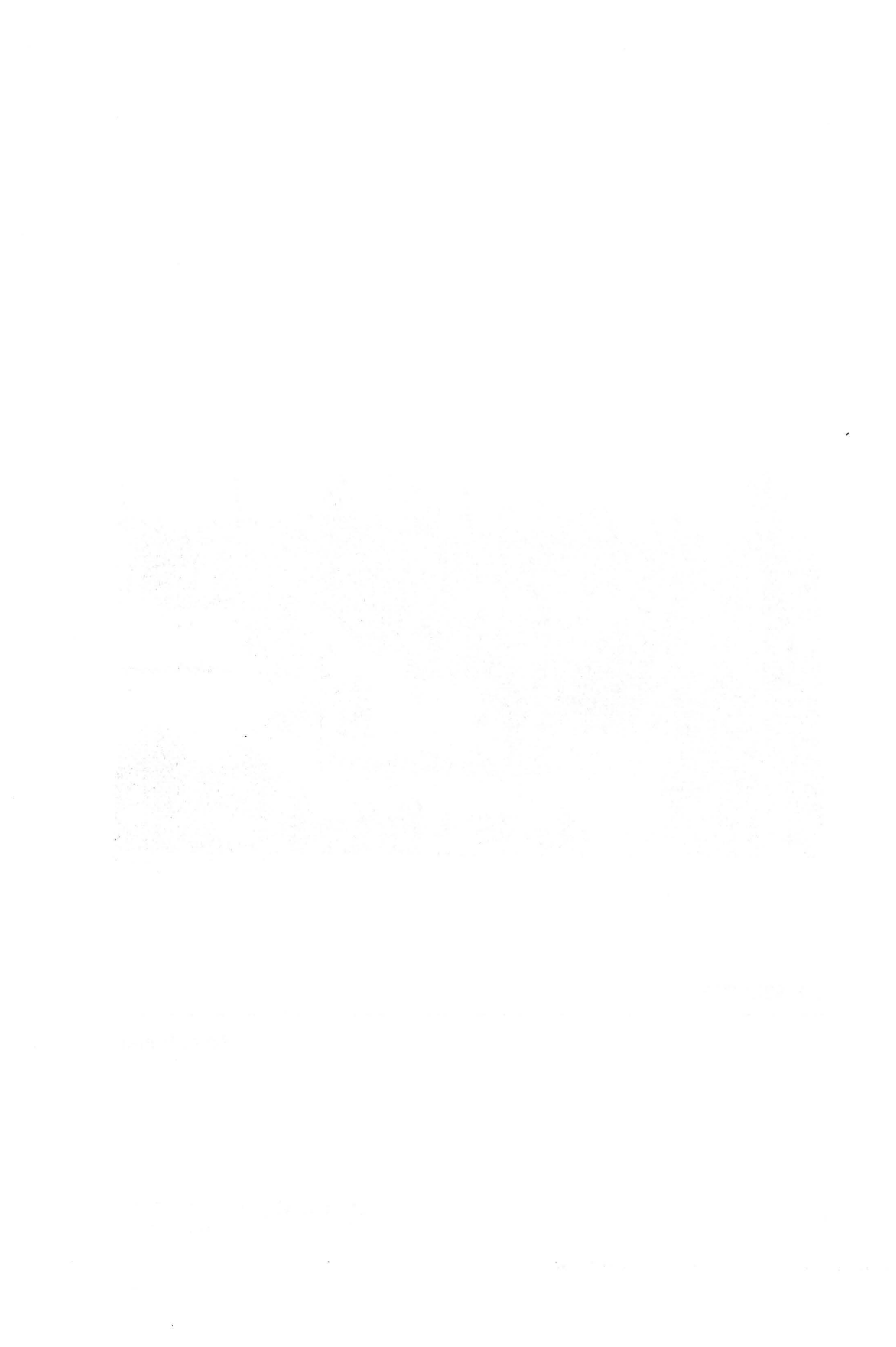
[5] VITRUBIO POLIÓN, MARCO. *Los X Libros de Arquitectura*. Traducción de José Ortiz y Sanz. Editorial Alianza. Edición de 1997. Madrid.



## KARLSBRÜCKE

Peter Parler

**Verfasser: Miguel Crespo Picot**

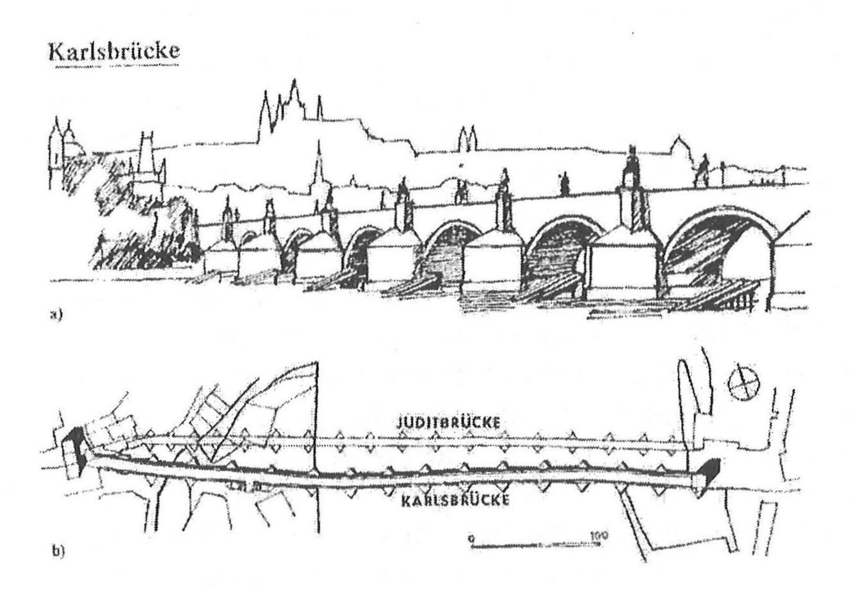


## 1. DIE VORGESCHICHTE

Die erste Steinbrücke über die Moldau, die eine Holzkonstruktion ersetzte, wurde um 1170 unter dem König Vladislav I. errichtet. Diese Brücke, Judithbrücke genannt, nach dem Namen der Frau des Königs Vladislav I., wurde Anfang Februar 1342 so stark durch Eisbänke beschädigt, dass sie einstürzte. So wurde eine neue Brücke für Prag notwendig.

Der erste Stein dieser neuen Brücke – die zuerst „Steinbrücke" oder „Prager Brücke" hieβ, und erst ab 1870 Karlsbrücke genannt wurde - wurde vom römisch-germanischen Kaiser und dem tschechischen König Karl IV., 1357 (am 9. Juli, 5 Uhr und 31 Minuten), aufgestellt. Die Brücke wurde erst um 1400 ganz fertiggestellt. Sie hatte eine Länge von ca. 520 m und eine Breite von ca. 10 m und war die einzige permanente Verbindung zwischen den Ufern.

Das Datum und die Stunde des Baubeginns der Karlsbrücke wurde nicht zufällig gewählt. Die Zahlen bilden eine symmetrische Serie: 1-3-5-7-9-7-5-3-1. Dieses Datum wurde von Karl IV. persönlich ausgesucht, um Glück bei der Arbeit zu haben.



Auf der einen Seite der Karlsbrücke befinden sich zwei Brückentürme. Der kleinere ist ein Überrest der früheren Judithbrücke. Der größere, ein spätgothischer Turm, errichtet zwischen 1370 und 1400, und mit Skulpturen von Peter Parler verziert.

Die Statue von St. Johann Nepomuk, errichtet 1683, war die erste der 30 Skulpturen der Karlsbrücke.



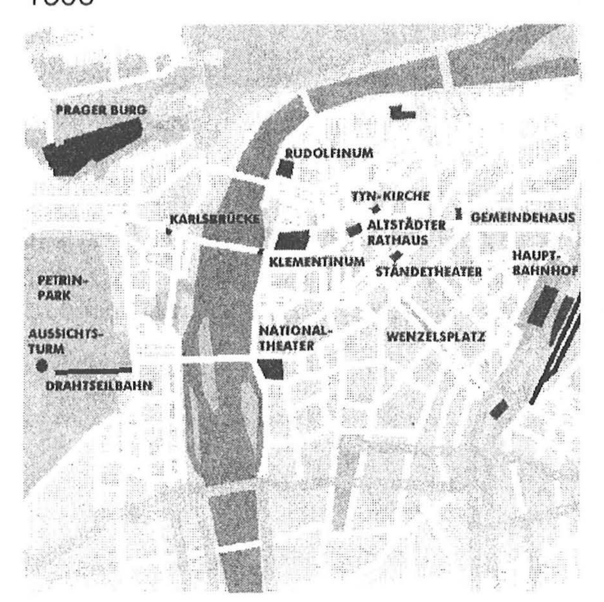
## 2. LAGE

Auch die Lage der Brücke war nicht zufällig gewählt, sie hing mit der übertriebenen Frömmigkeit von Karl IV. zusammen, der in ganz Europa durch seine Leidenschaft für die Reliquien der Heiligen bekannt war. 1355 erhielt er ein kostbares Relikt: das fast komplette Skelett vom Heiligen Veit, Patron der Kathedrale im Schloss von Prag. Später wurde der Heilige Veit auch Patron der Karlsbrücke und des Turms, der am Rand der Moldau zur Altstadt von Prag gehörend, gebaut wurde.

Die Überreste des Heiligen Veit wurden in einem Marmorgrab niedergelegt, in der Kathedrale des Schlosses von Prag. Der tschechische König und römisch-germanische Kaiser, Karl IV., traf die Entscheidung, dass der Heilige Veit jedes Jahr, während der Sommersonnenwende im Juni, geehrt werden sollte, da die Sommersonnenwende zwischen dem 13. und dem 14. Juni stattfand und der folgende Tag, der 15. Juni, der Namenstag des Heiligen Veit war. Die Lage der Brücke wurde so gewählt, dass die Sonne am Tag der Sommersonnenwende den Platz, wo der heilige Veit begraben ist, beleuchtete. Ein solches Tribut einem Heiligen zu zollen, war einzigartig im mittelalterlichen Europa.

STADTPLAN VON PRAG

Prag heute  Prag um 1500






## 3. BAUTECHNIKEN

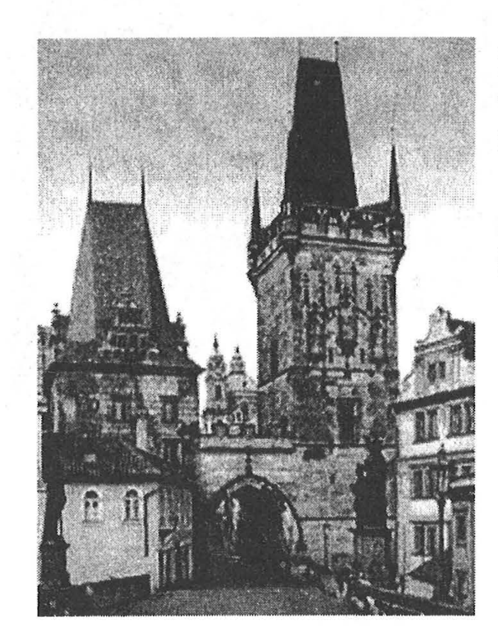
Die mittelalterlichen Handwerker gründeten ihre Arbeiten auf die vorhandenen römischen Vorbilder.
In der Technik des Einbettens der Pfeiler folgte man zuverlässig den Römern. Die Pfeiler wurden sowohl auf Flusssteinen errichtet, wie auch auf eingehauenen Pfählen, die ein hölzernes Gitter stützten. Die Pfeiler standen dort, wo sich die unproblematischsten Stellen des Flussbetts befanden, z.B. auf Inseln, wo immer es sie gab. Das Resultat war ein Mangel an Symmetrie in den Bögen.

Im Mauerwerk erreichte man nicht die Feinheit und Genauigkeit der Römer. Der mittelalterliche Baumeister benutzte viel Schutt zwischen den Steinverkleidungen. Infolgedessen war es nötig, dass die Pfeiler größer waren; manchmal erreichte die Dicke des Pfeilers zwei Drittel der Spannweite. Der Flusslauf provozierte eine größere Untergrabung des Fundaments und die Pfeiler mussten deshalb regelmäßig repariert werden.

Im Mittelalter wurde auch Mörtel benutzt (Kalkmörtel) und nicht der römische Zement, denn das Geheimnis des Zements „starb" mit dem Fall von Rom und wurde bis zum Ende des 18. Jhdt. nicht wiederentdeckt.

## 4. UMGEBUNGSBESCHREIBUNG

### 4.1. DIE KLEINSEITNER BRÜCKENTÜRME



Diese zwei Türme sind bis heute die wichtigste Befestigung der Kleinseite. Der kleinere ist Relikt der ersten Steinbrücke (Judithbrücke), der größere wurde viel später (1464) nach dem Vorbild von Parlers Altstädter Brückenturm gebaut.

### 4.2. DAS HAUS „ZU DEN DREI STRAUßEN"

Auf der rechten Seite der Türme steht das Haus „Zu den drei Straußen". Das Haus wurde 1597 gebaut. Es hat eine Fassadenmalerei von Daniel Alexius und einen Giebel aus dem Jahre 1657.
1714 errichtete der Armenier Deodatus Damascenus in diesem Haus das erste Prager Café.
Heute ist das Haus ein Hotel.

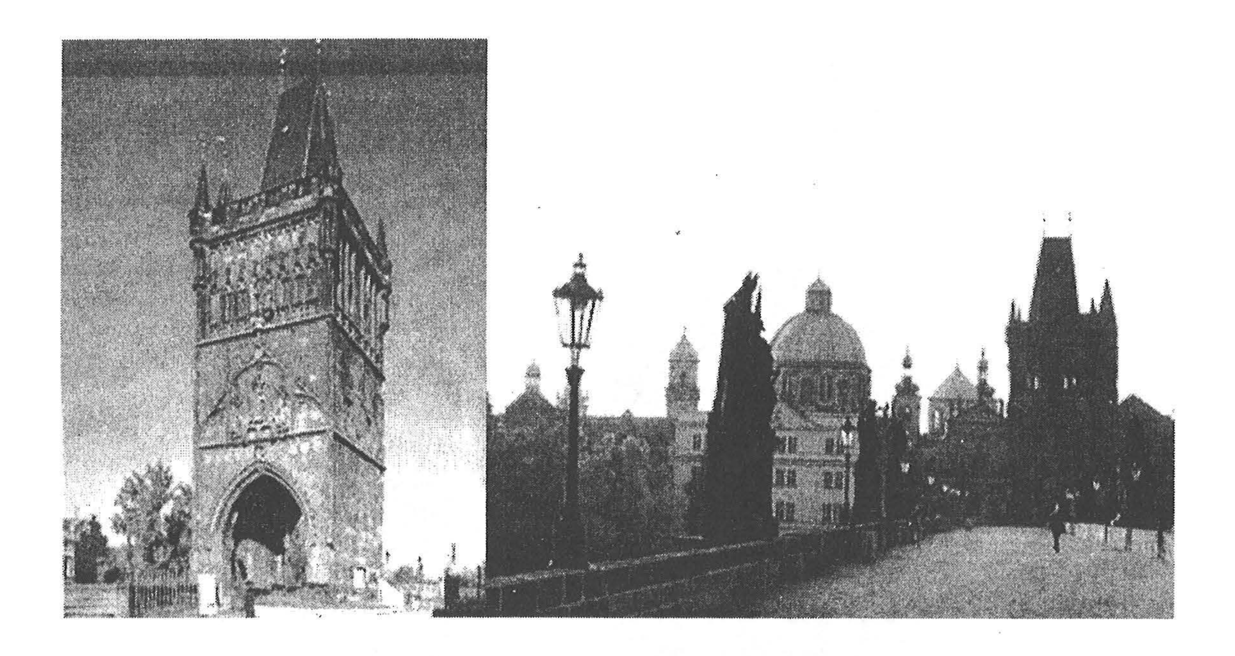
### 4.3. DER ALTSTÄDTER BRÜCKENTURM

Der berühmte Baumeister Peter Parler baute den Altstädter Brückentrum, am den Kleinseitner Türmen gegenüberliegenden Ende der Brücke, zwischen 1370 und 1380.

Er gehört zu den schönsten gotischen Türmen der Welt.
Der Altstädter Brückenturm war ein Prestigeobjekt von Kaiser Karl IV., der mit diesem Bauwerk ein eindrucksvolles Zeichen seiner Macht setzen wollte.

Der Turm verlor seine Plastiken an der Westfassade durch schwedische Bombardierungen im Jahre 1648. In den Jahren 1874-78 wurde am Altstädter Brückenturm eine grundlegende Renovierung durch den Architekten Josef Mocker gemacht.

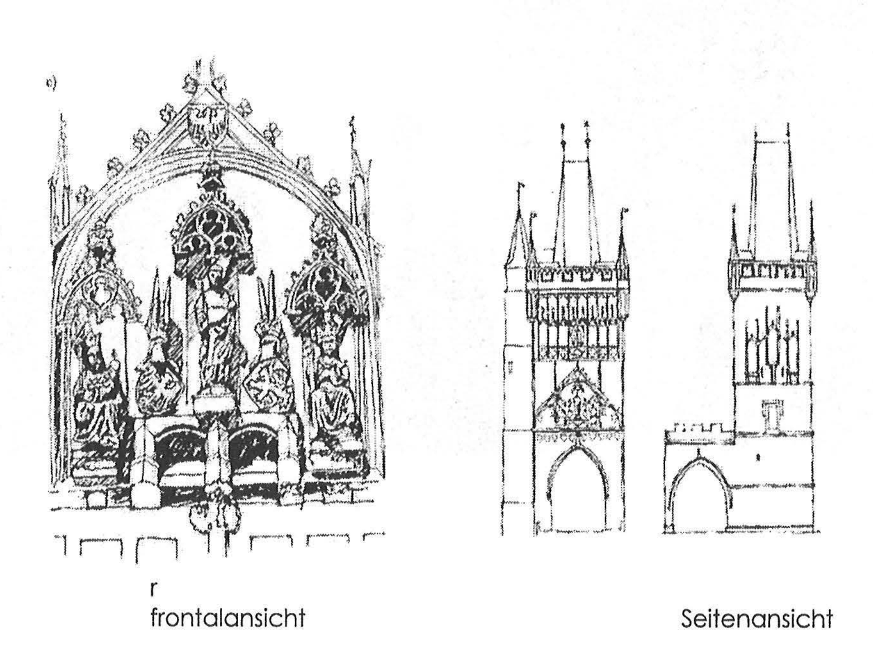
Die Schmuckfassade der Ostseite des Brückenturms ist von großer künstlerischer Bedeutung. Im ersten Stock erkennt man drei Herrscherfiguren: in der Mitte steht der Hl. Veit, links von ihm Kaiser Karl IV. und rechts sein junger Sohn Wenzel IV.
Der Platz vor dem Brückenturm wurde 1848 im Zusammenhang mit der Errichtung des Denkmals Karls IV. angelegt.



## 4.4. FIGUREN AM ALTSTÄDTER BRÜCKENTURM

Die Figuren am Altstädter Brückenturm wurden im letzten Jahrzehnt des 14. Jahrhunderts von Peter Parler gestaltet.
In der Mitte der Statuengruppe befindet sich die Figur des Hl. Veit, Patron der Brücke.

Auf ihrer linken Seite steht die Skulptur von Karl IV. als römischer Kaiser, (1316 - 1378) und auf der rechten Seite steht die Skulptur vom deutschen König Wenzel IV. (1361-1419). Zwischen diesen drei Figuren stehen zwei Wappen des Reiches, und über der Skulptur vom Hl. Veit befindet sich der Adler, Wappentier des Hl. Wenzel.



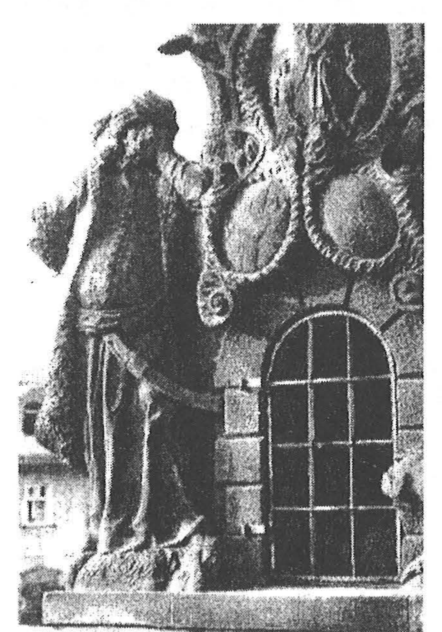
frontalansicht Seitenansicht

## 4.5. DAS TOR DES ALTSTÄDTER BRÜCKENTURMS

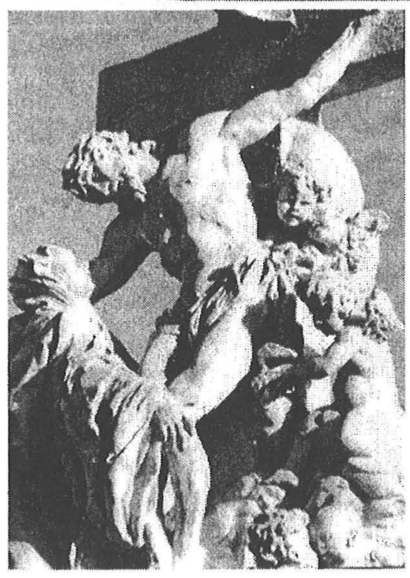
Das Tor des Altstädter Brückenturms wurde 1380 von Peter Parler gebaut. Oberhalb des Tors befinden sich die Wappen der Länder der bömischen Krone und der berühmte Eisvogel, Symbol der Ehefrau Wenzels IV., Sophie. Peter Maixner restaurierte 1877 die Originalmalereien des schönen Netzgewölbes des Tors.

## 5. STATUEN ENTLANG DER BRÜCKE

Zu beiden Seiten entlang der Brücke, befinden sich insgesamt 30 Statuen und Statuengruppen, die verschiedene Heilige darstellen. Die künstlerisch wichtigsten sind: Johannes von Matha, Felix von Valois, Iwan, Luitgard, Roland, Franz von Borgia, Franz Xaver und die Madonna mit den Heiligen Dominikus und Thomas von Aquin.



Die Statuegruppe bestehend aus den Heiligen Johannes von Matha, Felix von Valois und Iwan, wurde von Ferdinand M. Brokoff 1714 gestaltet. Der erste Heilige ist der Begründer des Ordens der Trinitarier, der die Christen aus türkischer Gefangenschaft freikaufte. Berühmt ist die Gestalt des Türken als Gefängniswächter.



Die Statue des Hl. Luitgard, erstes Werk des berühmtesten Bildhauers des böhmischen Barocks, Matthias B. Braun, wurde 1710 zur Verehrung einer Heiligen des Ordens der Zisterzienserinnen errichtet.

Die Statuengruppe um den Hl. Luitgard ist das wertvollste bildhauerische Werk auf der Brücke: sie zeigt die Heilige, der Christus im Traum erscheint und mit einer Hand umfasst.



Diese Statue, bekannt als Rolands Säule, wurde von Ludvik Simek 1884 gestaltet. Roland war ein böhmischer Adliger, der mit Neomenie, der Tochter des neapolitanischen Königs verheiratet war. Sie ersetzte ein gleichnamiges Standbild von Anfang des 16. Jhdts., das durch die Bombardements von 1648 und 1848 beschädigt worden war. Das beschädigte Original befindet sich jetzt im Lapidarium des Nationalmuseums.

Eine weitere Statue stellt den bedeutendsten Heiligen des Jesuitenordens, Franz von Borgia dar, und wurde von Ferdinand Maximilian Brokoff, 1710, gehauen.
Das Denkmal gilt als eine der schönsten und wertvollsten Plastiken der Brücke.

Die Heilige Franz Xaver Statue wurde von Cenek Vosmik,1913, gestaltet. Diese Statue ist eine Kopie des Originals von Ferdinand Maximilian Brokoff, 1711.
Der Hl. Franz Xaver wird auch „der Apostel von Indien und Japan" genannt. Repräsentanten der asiatischen Völker tragen den Heiligen, einen bedeutenden christlichen Missionar im Fernen Osten, auf einem Schild.

Eine andere Statuengruppen, Madonna mit den Heiligen Dominikus und Thomas von Aquin genannt, ist eine Kopie des Originals von Matthäus W. Jäckel,1708. Diese Statue wurde von Vlastislav Bartunek und Stanislav Hanzl,1960/61, gestaltet. Die beiden Begründer des Dominikanerordens, dessen Prager Konvent die Statuengruppe errichten ließ, knien zu beiden Seiten der Madonna.

# Eine Liste aller Statuen auf der Karlsbrücke

**Kleinseitner Brückentürme**

**Hl. Wenzel**
von J.K. Böhm, 1858

**Hl. Kosmas und Damian**
von J.O. Mayer, 1709

**Hl. Johannes v. Matha, Felix v. Valois und Iwan**
sowie Figur eines Türken von F.M. Brokoff, 1714

**Hl. Veit**
von F.M. Brokoff, 1714
Marmorskulptur

**Hl. Adalbert**
von F.M. Brokoff, 1709
Kopie von 1973

**Hl. Philipp Benitius**
von M.B. Mandl, 1714

**Hl. Luitgard**
von M.B. Braun, 1710

**Hl. Kajetan**
von F.M. Brokoff, 1709

**Hl. Nikolaus Tolentinus**
von J.F. Kohl. 1706
Kopie von 1969

**Hl. Augustinus**
von. J.F. Kohl. 1708
Kopie von 1974

**Hl. Vinzenz Ferrer und Prokop**
von F.M. Brokoff, 1712

**Hl. Judas Thaddäus**
von J.O. Mayer, 1708

**Hl. Franz Seraph**
von E. Max, 1855

**Hl. Antonius von Padua**
von J.O. Mayer, 1707

**Hl. Johannes von Nepomuk**
Modelle von M. Rauchmüller und J. Brokoff, 1683

**Hl. Ludmilla und Wenzel**
M.B. Brauns Werkstatt um 1730

**Hl. Franz von Borgia**
von J. und F.M. Brokoff, 1710
1937 von R. Vlach restauriert

**Hl. Wenzel, Norbert und Sigismund**
von J. Max, 1853

**Hl. Christophorus**
von E. Max, 1857

**Hl. Johannes der Täufer**
von J. Max, 1857

**Hl. Franz Xaver**
von F.M. Brokoff, 1711
Kopie von 1913

**Hl. Kyrill und Method**
sowie drei allegorische Figuren (Böhmen, Mähren, Slowakei):
von K. Dvořák, 1938

**Hl. Joseph**
von J. Max, 1854

**Hl. Anna selbdritt**
von M.W. Jäckel, 1707

**Pietà**
von E. Max, 1859
urspr. von 1695

**Bronzekruzifix**
Figuren von E. Max, 1861

**Hl. Barbara, Margarete und Elisabeth**
von F.M. Brokoff, 1707

**Maria mit hl. Dominikus und Thomas von Aquin**
von M.W. Jäckel, 1708;
Kopie von 1961

**Hl. Ivo**
von M.B. Braun, 1711
Kopie von 1908

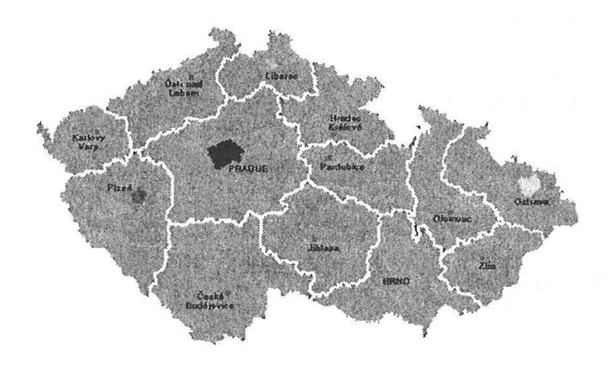
**Maria und hl. Bernhard**
von M.W. Jäckel, 1709; Kopie

**Altstädter Brückenturm**

## 6. TECHNISCHE BESCHREIBUNG

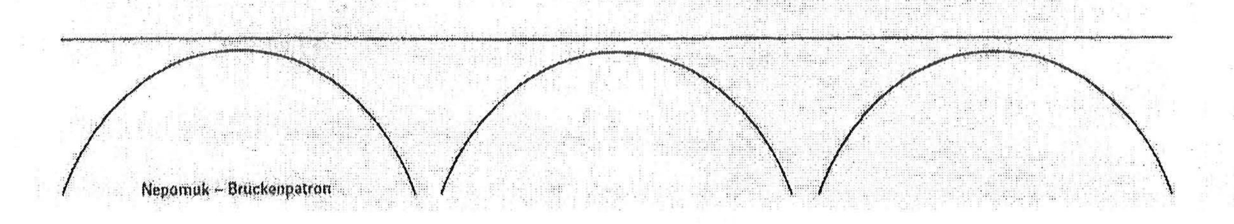
Karlsbrücke (Karluv most).

Erbaut: 1357 - 1380
Zustand: in Nutzung
Ort: Prag, Tschechische Republik




Überquert: Moldau

Konstruktionstyp: Bogenbrücke ( Spätgotik ).




Funktion / Nutzung: Straßenbrücke

Architekt: Peter Parler

Baustoffe

Pfeiler: Sandstein
Bögen: Sandstein

Abmessungen

Gesamtlänge: ca. 520m
Feldweiten: 16,62m – 23,38 m
Überbaubreite: ca. 10 m
Anzahl der Bögen: 16

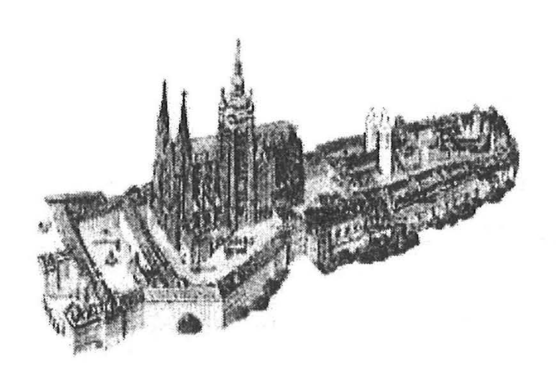
Chronologie Abfolge

1158: Konstruktion der zweiten Steinbrücke in Mitteleuropa, der Judith Brücke
1342: Die Brücke wird durch Hochwasser stark beschädigt.
1357: Karl IV. gibt die neue Brücke in Auftrag.
1621: Die Figuren von 10 führenden Persönlichkeiten des Aufstands gegen die Habsburger werden auf der Brücke aufgestellt.
1648: Die Schweden zerstören einen Teil der Brücke und des Turms.
1713: Die Brücke wird mit 21 Statuen von Braun, Brokoff und anderen Bildhauern geschmückt.
1890: Eine Überschwemmung zerstört drei Augen der Brücke.
1938: Karel Dvorak macht die Skulptur von den Heiligen Kyrill und Method.

## 7. DAS LEBEN PETER LABERNS

Der Architekt, Baumeister und Bildhauer Peter Parler wurde 1330 in Schwäbisch-Gmünd, Deutschland, geboren und ist 1399 in Prag, Tschechische Republik, verstorben.
Vor 1353 war er Lehrling Baumeisterlehrling seines Vaters in Köln.
Er hat viele Chöre gebaut, wie z.B., den Chor der Hopfkapelle Allerheiligen in Böhmen, 1357; den Chor der Kirche an der Elbe in Kolin, 1360 und das Chorgestühl im Veitsdom, 1385, in Prag.
Als Bildhauer wurde Peter Parler durch seine Serie von Portraits in der Prager Kathedrale berühmt.

Peter Parler übernahm 1357 im Alter von 27 Jahren den Aufbau der Karlsbrücke. Er war auch der Architekt der Kathedrale vom Heiligen Veit im Schloss von Prag.



## 8. ZERSTÖRUNGEN DER BRÜCKE

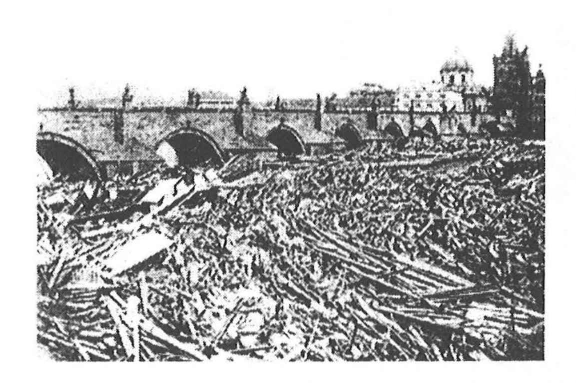
### 8.1. BOMBARDIERUNGEN

Der militärische Kommandant von Böhmen, Prinz Alfred Windischgrätz, bombardierte Prag und seine Haubitzen beschädigten acht der 30 Statuen.

### 8.2. ÜBERSCHWEMMUNGEN IN DER TSCHECHISCHEN REPUBLIK

Vom 14. Jahrhundert bis zur Gegenwart „erlitt" die Brücke fünf Mal große Beschädigungen, die durch Hochwasser der Moldau verursacht wurden. Die ausführlichsten Informationen stammen aus den Berichten über die Hochwasser von 1784 und 1890. Der Grund der Beschädigung war nicht der Anstieg des Wasserpegels, sondern die Gegenstände, die gegen die Pfeiler stießen: Eisbänke und Baumstämme.
1784 verursachte das Eis große Schäden an der Brücke. Ein Pfeiler und ein militärisches Wachhäuschen stürzten ein und vier Soldaten starben dabei.

Das Hochwasser von 1890 war eine der größten Naturkatastrophen der Karlsbrücke. Die Stämme versperrten den Durchlauf des FlussWassers unter den  Bögen der Brücke und verursachten den Einsturz von zwei Pfeilern und drei der 16 Bögen.



Im August 2002 wurde die Tschechische Republik von einem großen Hochwasser heimgesucht. Diese Überschwemmung war die größte Naturkatastrophe der neuzeitlichen Geschichte, da mehr als ein Drittel des Staatgebiets beschädigt wurde.

Diese Art von Hochwasser kommt statistisch nur alle 500 Jahre vor. Wegen dieser Überschwemmung kamen 76 Menschen ums Leben  und mehr als 200 000 mussten evakuiert werden.

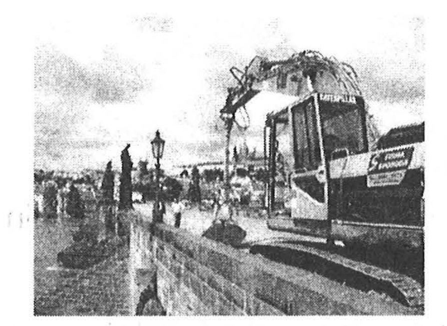
Dadurch entstand, ein Sachschaden von mehr als 73 Milliarden Kronen, was fast 2,4 Milliarden Euro, sind.

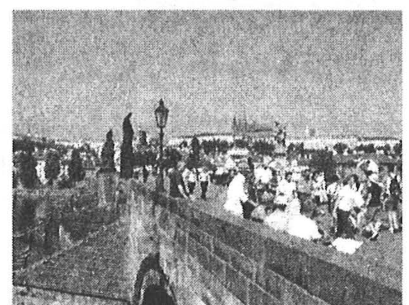
Die Brücke während der Überschwemmungen.

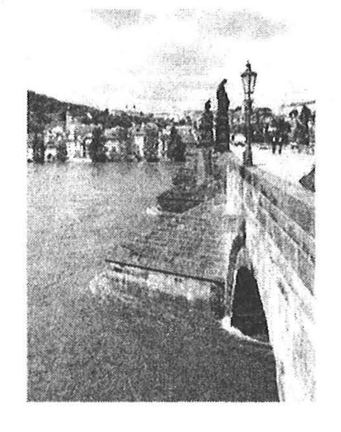
Die Brücke an einem normalen Tag.

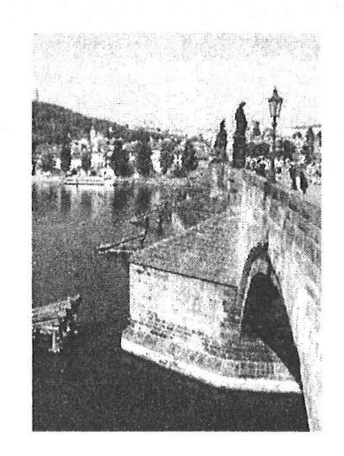




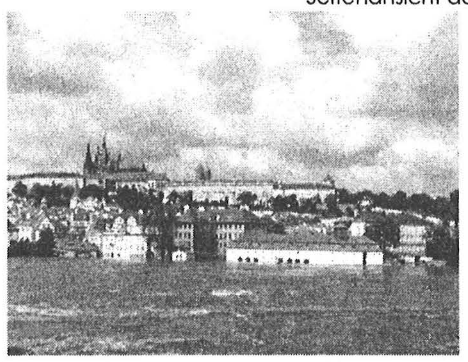



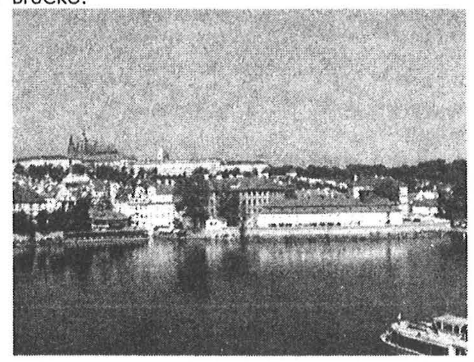






Seitenansicht der Brücke.





## 9. WIE KANN MAN DIE KARLSBRÜCKE RETTEN?

Die Karlsbrücke, die von Kaiser Karl IV. Mitte des 14. Jahrhunderts (1357) errrichtet wurde, hat im Laufe der Jahre Schaden erlitten. Aufgrund der winterlichen Salzstreuungen seit den siebziger Jahren des 20. Jahrhunderts wurde der Sandstein der Brücke stark angegriffen und Wasser drang wegen der schlechten Isolierung in die Brücke ein.

Das Wasser und das Salz verschlechterten, die Steinqualität in kurzer Zeit, obwohl diese Steine, einige Jahrhunderte sehr gut überstanden hatten.

Die zweite Hälfte des 20. Jahrhundert war tragisch für die Brücke. Alle Experten sind der gleichen Meinung, d.h., dass die Wasserisolierung sehr schlecht gemacht wurde. Trotzdem gibt es zwei verschiedene Gruppen von Experten. Ein Teil der Wissenschaftler denkt, dass eine große Reparatur notwendig sei.
Diese Gruppe besteht aus Wissenschaftlern der Fachhochschule, deren Chef der Rektor des „Tschechischen Technologischen Hochinstituts"(TTH) ist.

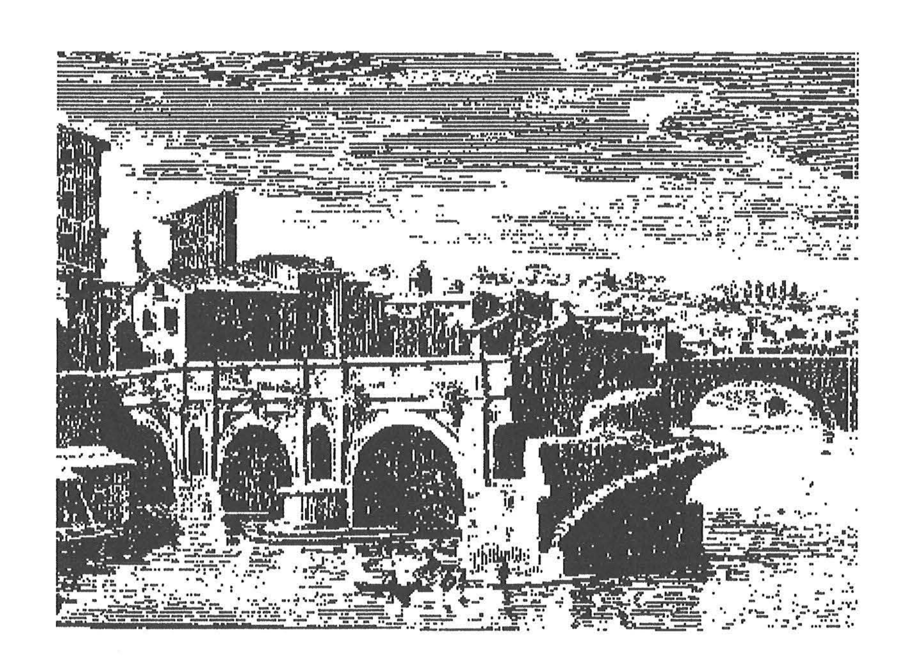
Die Gegner sind Experten der „Tschechischen Ingenieure Union" (TIU), die bestätigen, dass eine kleine Reparatur ausreicht.
Das Problem ist eine Stahlbetonplatte, die während der Reparatur im Jahre1970 eingebaut wurde. Die TIU bestätigt, dass es ratsam ist, diese Platte zu entfernen, weil sie die Brücke verformt.
Die Experten des TTH hingegen denken, dass diese Platte die Brücke verstärkt. Niemand weiß wer Recht hat. Allerdings untersucht das TTH die Brücke schon seit zehn Jahren und deshalb sieht es so aus, als ob sie kompetent wären.

Die Analysen bestätigten, was die „ Legende" erzählt: dass die Bauern Eier unter den Mörtel mischten.

Die Experten des TTH haben neue Proben entnommen. Deshalb weiß man auch, dass im Mittelalter Stierblut und Harn hinzugefügt wurden, um eine größere Flexibilität und Kohäsion des Mörtels zu erreichen.
Was sagen die Denkmalschützer?. Sie sind sich einig: Sie wollen keine große Reparatur machen.

## 10. BIBLIOGRAPHIE


- STANKOVA, Jaroslava (1991). *Historischer Reiseführer.* Praga. PAV. Verl.
- BURIAN, Jioi (1991). *Das historische Prag: die Prager Neustadt, die Kleinseite, die Altstadt, die Prager Burg.* Praga. V. Raji. Verlag.
- *Praga,* Guias Acento (1994). Editorial Acento, España. Edición y adaptación: Luis Suñen, Teresa Albero.
- CASTER, Leon.(1992) *15 Promenades dans Prague.*La collection Derouvrir l'architecturedes villes. Casterman.
- GORYS, Erhard.(1991) *Czechoslovakia.* Paller Guides.
- STEIMAN, David y WATSON, Sara Ruth.(1979) *Puentes y sus constructores.* Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos. Ediciones Turner, Madrid.
- http://www.radio.cz/es/articulo/892
- http://www.radio.cz/es/articulo/30426
- http://www.radio.cz/es/arïculo/30559
- http://www.radio.cz/es/ariculo/44585
- http://www.structurae.net



# TECHNISCHES VOKABULAR

Deutsch – Spanisch

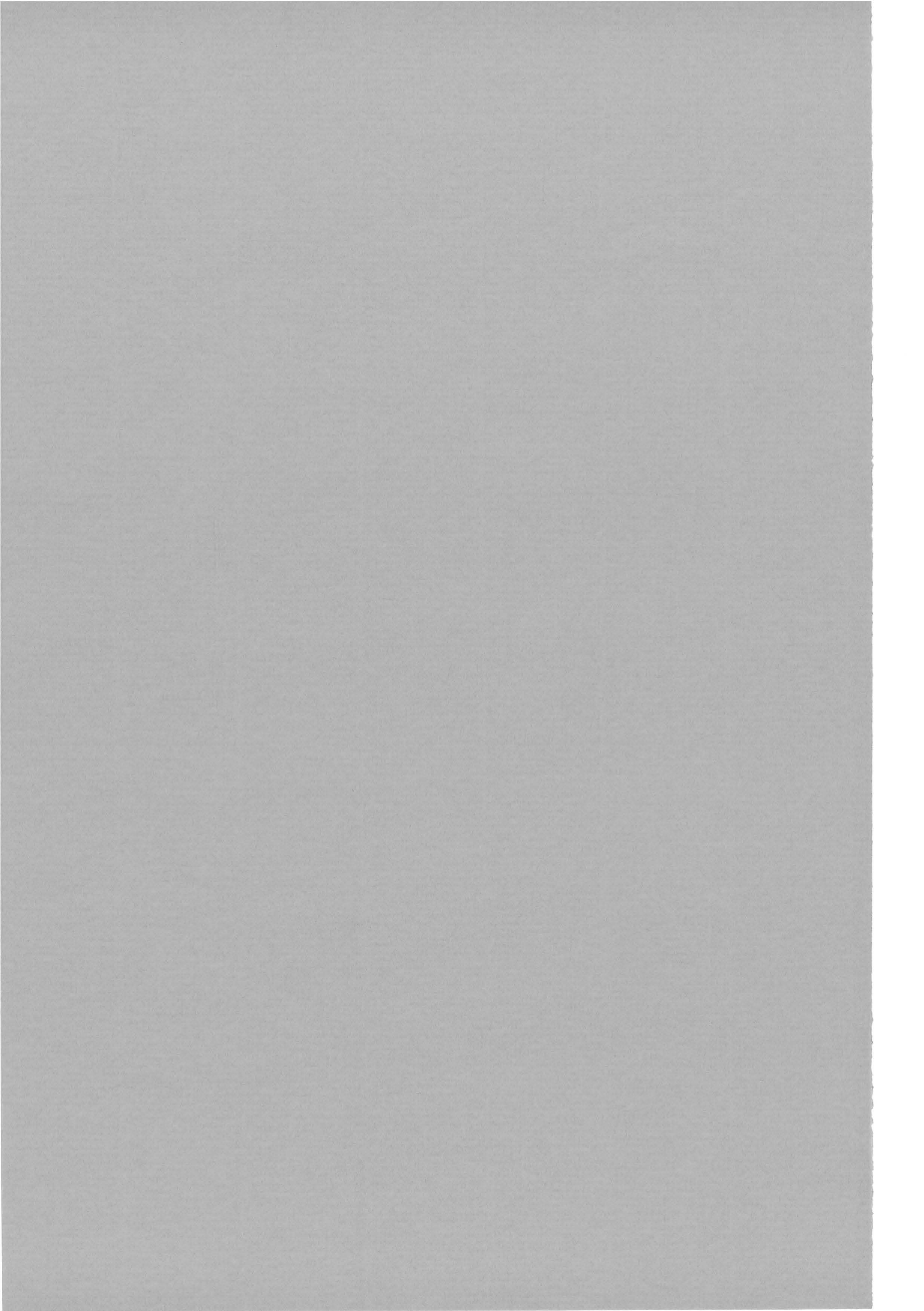
**TECHNISCHES VOKABULAR**
Deutsch - Spanisch

| r | Abbau | construcción |
|---|---|---|
| e | Abmessung, en | dimensión |
| tr | abnutzen | desgastar |
| r | Abschnitt, -e | vano |
| e | Absteckung, -en | jalón, trazado |
| irr tr | abtragen | soportar, cargas |
| tr | ansetzten | unir, juntar |
| e | Anstrenung, -en | esfuerzo |
| s | Anzeichen, | indicio |
| r | Aufwand, ¨-e | dispendio |
|  | ausgedehnten | ampliar |
| e | Ausholung, -en | levantamiento de cimentación |
| s | Ausmaβ, es | dimensión |
|  | ausschmükung | decorar |
| e | Aussetzung, en | exposición, agentes atmosféricos |
| tr | aussteifen | rigidizar, reforzar |
| e | Auβenkante, n | arista exterior |
| e | Basierung, en | basamento |
| r | Baubetrieb, -e | obra |
| r | Baukran, ¨e | grúa |
| r | Baustein, e | piedra de construcción |
| r | Baustil, e | estilo de construcción |
| r | Baustoff, e | material de construcción |
| s | Bauwerk, e | construcción |
| s | Bauwesen | sentido de obra |
| r | Bauzweck, -e | fin de construcción, constructivo |
|  | behauen, Stein | labrar |
| e | Berechnung, -en | cálculo |
|  | beschädigen | dañar, deteriorar |
| r | Beton | hormigón |
| e | Betonfüllung, en | relleno de hormigón |
| e | Betonplatte, n | plancha de hormigón |
| r | Bildhauer, s | escultor |
|  | bildhauerisch | escultórico |
| r | Bogen, ¨ | arco |
| e | Bogenstärke, n | dovelaje |
| e | Böschung, -en | repecho, talud |
| r | Bruchstein, e | mampuesto |
| r | Brückenbogen, ¨ | arco del puente |
| e | Brüstung, en | pretil |
| r | Bündelpfeiler, | pilar gótico |
| r | Dachstuhl, ¨e | techumbre |
| e | Dauerhaftigkeit | durabilidad |
| s | Diagramm, -e | gráfica, diagrama |
| e | Dichtung, -en | junta |
| s | Drehmoment, e | momento |
| e | Drucklinie, -n | línea de empujes |

| r | Ducrchmesser | medida longitudinal |
|---|---|---|
| e | Ebnung, en | aplanamiento |
| s | Eichen-/Ulmenholz | madera de roble/olmo |
| e | Enststellung(-en/Verzerrung(-en | deformación |
| e | Erhöhung, en | elevación |
| s | Feld, -er | campo, investigación |
| e | Feldweite, n | anchura |
| r | Felsen, - | roca |
| e | Felsplatte | veta, extracción de mineral |
| e | Festigkeit | resistencia |
| e | Freitreppe, n | escalinata |
| e | Fuge | junta |
| s | Fundament, e | cimentación |
| e | Fundamentstreif, -e | hilada de cimentación |
| s | Geländer, - | barandilla |
| s | Gelenk, -e | articulación |
| s | Geröll | guijarro |
| s | Gerüst, -e | andamio, cimbra |
| e | Gesamtlänge, n | longitud total |
| s | Gesims, e | moldura |
| e | Gestalt, en | figura |
| s | Gewicht, -e | peso |
| e | gewisse Vorvertiefung, -en | preprofundizaje |
| s | Gewölbe, - | bóveda |
| r | Gewölbezwickel | riñón |
| s | Giebeldach, ¨er | frontón |
| s | Giebelfeld, er | tímpano |
| e | Giebelseite, n | frontispicio |
| irr | gieβen | verter, echar |
| r | Granit | granito |
| r | Grundriss, -e | planta |
| r | Grundwasserspiegel, -n | nivel frático |
| s | Gussmauerwerk, -e | muro recubierto |
| r | Halbkreisbogen, ¨ | arco de medio punto |
| r | Handlauf, ¨e | pasamanos, barandilla |
| s | Hauptgewicht, _e | peso principal |
| r | Hebekran, ¨-e | grúa |
| r | Hebel, ohne plr | palanca |
|  | heimsuchen | devastar |
| tr | herunterdrücken | rebajar |
| s | Hochwasser, - | crecida, inundación |
| e | Isolation, en | aislamiento |
| e | Kämpferlinie, n | línea de arranque |
| e | Kante, n | borde |
| r | Keil, -e | cuña |
| r | Keilstein, -e | cuña de piedra |
| s | Kettenglied, -er | eslabón |
| e | Kohäsion, en | cohesión |
| e | Kompression | compresión |
| s | Kranzgesims, e | cornisa |
| e | Kronenbreite, -n | anchura de coronación |

| | | |
|---|---|---|
| e | Kuppel, -n | cúpula |
| r | Kuppelansatz, ¨-e | arranque de la cúpula |
| tr | Last auffangen | recoger las cargas |
| e | Läuferschicht, en | soga |
| s | Lehrgerüst, e | cimbra |
| r | Lehrsatz, ¨-e | teorema |
| e | Leibung | intradós |
| r | Leimstoß, ¨e | cola de milano |
| e | Leiste, n | listón, listel |
| e | Lichtweite, n | vano de luz |
| e | Mauerkrone, n | albardilla |
| s | Mauerwerk | mampostería |
| e | Mauerwerksbrücke, n | puentes de fábrica |
| r | Mechanismus, Mechanismen | mecanismo |
| e | Mittelkraftlinie, -n | línea de presiones |
| r | Mörtel, - | argamasa/mortero |
| s | Näherungsformel, -n | fórmula de aproximación |
| e | Neigung, en | inclinación |
| s | Niedrigwasser, - | estiaje |
| s | Pantheon | panteón |
| r | Pfahlrost, -en | pilote |
| r | Pfeiler, - | pila/pilastra |
| e | Pfeilervorlage, -n | zapata |
| s | Pflaster, - | adoquinado |
| e | Plastik, en | escultura |
| e | Platte, n | placa |
| r | Quader | sillar |
| r | Quader | sillar |
| r | Quader, - | sillar |
| e | Quadermauerschicht, en | hilada de sillares |
| r | Radius, Radien | radio, geométrico |
| e | Reihe, n | fila |
| e | Reparatur, en | reparación |
| r | Riss, -e | grieta |
| r | Ruin | ruina |
| r | Rundbogen, ¨ | arco de medio punto |
| r | Sandhaltigen Stein, e | piedra arenisca |
| s | Satteldach, ¨er | techumbre a dos vertientes |
| e | Säule, n | columna |
| r | Schaden, ¨ | Daño, perjuicio |
| e | Schalung, en | cáscara, corteza, plementería |
| s | Scheidebögen, ¨ | vaina |
| e | Scheitellinie, -n | línea de clave |
| r | Schiefer | pizarra |
| s | Schiefergestein | roca pizarra |
| r | Schiff, -en | nave, de una iglesia o catedral |
| e | Schlankheit, -en | esbeltez |
| r | Schlusstein, -e | clave |
| e | Schnur, ¨-e | cuerda |
| r | Schraube, -n | tornillo |

| s | Seil | cuerda |
|---|---|---|
| e | Sichtseite, n | cara vista |
| e | Skizze, n | croquis, dibujo |
| r | Sockel | zócalo |
| s | Spalten | columnar |
| e | Spannweite, n | envergadura, luz, vano |
| r | Spitzbogen, ¨ | arco ojival |
| e | Stabilität | estabilidad |
| e | Stahlbetonplatte, n | placa de hormigón armado |
|  | stammen | datar, perovenir, proceder |
| s | Standbild, er | estatua |
| e | Staβenniveaulinie, n | linea de rasante |
| e | Stebemauer, -n | muro con constrafuertes |
| e | Steigung, en | inclinacion, pendiente |
| r | Steinmetz, -e | cantero, picapedrero |
| e | Steintafel, n | lápida |
| r | Stoβ, ¨e | empuje |
| e | Strebemauer, n | contrafuerte |
| e | Struktur, en | estructura |
| e | Stütze, n | apoyo, soporte |
| s | Tonnengewölbe, -n | bóveda de cañón |
| e | Trasse | trazado |
| r | Überbau, e | voladizo |
| r | Umbau, -ten | reforma |
| r | Umfang, ohne plr | circunferencia |
| e | Unterspülung, -en | lavado de cimentación |
| e | Verdichtung, -en | compresión |
|  | verformen | derformar |
| e | Verkleidung, en | revestimiento |
|  | verlaufen | ir, pasar |
| e | Verschiebung, en | deslizamiento |
|  | verschlechtern | deteriorar |
|  | ***verstärken*** | reforzar |
| s | Vollgerüst, -e | cimbra completa para arco |
| r | Vorkopf, ¨e | tajamar |
| e | Vorrichtung, -en | mecanismo |
| e | Wandvorlage, -n | muestra de muro, arranque |
| e | Wehranlage, n | presa |
| r | Weisskalkmörtel | mortero de cal |
| r | Wellenbrecher, - | tajamares |
| e | Widerlagsmauer, n | estribo |
| r | Wiederaufbau, e | reconstrucción |
| e | Winde, -n | torno, cabrestante |
| r | Wölbstein, e | dovela |
|  | zerstören | destruir |
| s | Ziegelmehl | barro, ladrillo |
| e | Zinne, n | almena |
| r | Zugbalken, - | parhilera |
|  | zusammenstürzen | derrumbarse |
| r | Zustand, ¨e | estado |
| r | Zweispitz, e | pico |



**CUADERNO**

187.01

CATÁLOGO Y PEDIDOS EN

http://www.aq.upm.es/of/jherrera

info@mairea-libros.com

